La Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C.

Invita al

XLV Congreso Nacional de Buiatria

TLAXCALA 2023

3 al 5 agosto

En memoria de

MVZ Jesús Romero Martínez

MVZ José Carlos Romero Miranda









Evento Avalado por:

ConcerVet

Centro de convenciones de Tlaxcala

Av. Lago del Niño 1

Colonia Adolfo López Mateos

Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlax.

Memorias

Editores:

Israel Daniel Ricardo González

Javier Hernandez Ignacio

Diana Laura Rangel Ramírez



32 WBC

Uniendo esfuerzos para el

WORLD BUIATRICS CONGRESS 2024

20 al 24 de mayo de 2024

Cancún, México

TLAXCALA UNA NUEVA HISTORIA · SIA SECRETARÍA DE IMPULSO AGROPECUARIO · SECRETARÍA DE TURISMO · ITDT INSTITUTO TLAXCALTECA DE DESARROLLO TAURINO · UTT UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TLAXCALA

COMITÉ

DIRECTIVO

Javier Hernández Ignacio
Presidente

Alejandro Bailón Blanco
Secretario

Israel Daniel Ricardo González
Tesorero

Israel Daniel Ricardo González
Comité científico

Jorge Ávila García †
Salvador Avila Téllez
Miguel Ángel Blanco Ochoa
José Pedro Cano Celada
Miguel Ángel Quiroz Martínez
Octavio Campuzano Reyes
Arturo F. Olguín y Bernal
Eduardo Posadas Manzano
Mateo Aguirre Arizmendi†
Jose Ignacio Sánchez Gómez
Presidentes pasados

Santiago Aja Guardiola
Carlos Reza Guevara†
Edgardo Canizal Jiménez
Eduardo Téllez Reyes Retana
Jesús Romero Martínez†
Abner Guitiérrez Chávez
Alejandro Parra Carretero †
Antonio Martínez Loaeza
Vocales

COMITÉ

ORGANIZADOR

Javier Hernández Ignacio
Presidente

Alejandro Bailón Blanco
Secretario

Israel Daniel Ricardo González
Tesorero

Israel Daniel Ricardo González
Comité científico

Israel Daniel Ricardo González
Javier Hernandez Ignacio
Diana Laura Rangel Ramírez
Comité editorial

Javier Hernandez Ignacio
Diana Laura Rangel Ramírez
Itzayana Mejía Flores
Ángel Javier Hernández Aragón
Comité operativo

COMITÉ

CIENTÍFICO

Abner Josué Gutiérrez Chávez
Agustín Bobadilla Hernández
Agustín Pérez Fonseca
Alejandro Bailón Blanco
Amalia Martínez Dávalos
Andrés Ducoing Watty
Ángel Yetzel Osio Martínez
Antonio Ismael Porras Almeraya
Antonio Martinez Loeza
Antonio Ortiz Hernández
Arturo Alonso Pesado
Arturo Olguín y Bernal
Edgardo Canizal Jiménez
Edith Rojas Anaya
Eduardo Posadas Manzano
Eduardo Téllez Reyes Retana
Eligio Gabriel Salgado Hernández
Fernando Díaz Otero
Francisco Alonso Pesado
Francisco Castrejón Pineda
Griselda Valdés Magaña
Hugo Oswaldo Toledo Alvarado
Israel Daniel Ricardo González
Itzayana Mejía Flores
Ivette Rubio Lozano
Javier Gutiérrez Molotla
Javier Hernández Ignacio
Jesús Núñez Saavedra
Joel Hernández Cerón
José Ignacio Sánchez Gómez
José Luis Dávalos Flores
Laura Hernández Andrade
Leticia Blanco De Britto Velho
Lucia Eliana Rangel Porta
Luis Corona Gochi
Luis Fernando Espinosa Castillo
Lysset Corona Gómez
Marcela González de la Vara
Marco Antonio Santillán Flores
María Magdalena Limón González
Miguel Ángel Blanco Ochoa
Miguel Ángel Quiroz Martínez
Roberto Ignacio Márquez Hernández
Rocío Angélica Ruiz Romero
Rocío Parra Laca
Rosa Bertha Angulo Mejorada
Sergio Ángeles Campos
Sergio Iván Román Ponce
Silvia Denise Peña Betancourt
Silvia Morales Méndez
Valentín Espinosa Ortiz
Víctor Moreno Díaz

Médico Veterinario del Año



M.V.Z. Antonio Ordoñez Mancera

- -NACIMIENTO 19 DE ABRIL 1943. CELAYA, GTO
- -ESTUDIOS PROFESIONALES EN LA ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, GENERACIÓN 1963-1967
- -PRESIDENTE DE SU GENERACIÓN.
- -COLABORACIÓN EN EL CONTROL SANITARIO PARA LA ERRADICACIÓN DE LA TUBERCULOSIS EN EL D.F.(SSA)
- -ASOCIACIÓN HUMANITARIA MEXICANA (ASILO PARA PERROS Y GATOS).
- -CLÍNICO DE PEQUEÑAS ESPECIES
- -MIEMBRO FUNDADOR DE LA ASOCIACIÓN DE MÉDICOS VETERINARIOS EN PEQUEÑAS ESPECIES (AMMVEPE)
- -INSPECTOR DE RASTROS (SSA)
- -JEFE DEL CONTROL SANITARIO DE EMPACADORAS DE CARNES FRÍAS Y OBRADORES DE TOCINERÍA (SSA)
- -PRESIDENTE FUNDADOR DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS VETERINARIOS A.C. (ANALAV)
- -VOCAL, VICEPRESIDENTE Y PRESIDENTE DE LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA, DIVISIÓN VETERINARIA
- -SUBDIRECTOR ENCARGADO DEL DESPACHO DEL INSTITUTO NACIONAL DE LA LECHE NOMBRAMIENTO OTORGADO
- POR EL SUBSECRETARIO DE GANADERIA, M.V.Z. GUSTAVO RETA (SAGARPA).
- -FUNDADOR DEL PREMIO "CONSTANTINO ORDÓÑEZ PLIEGO" EN APOYO A LAS MEJORES TESIS DE LICENCIATURA DE CADA AÑO.
- -BENEFACTOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE VETERINARIA
- -OBTUVO EL PREMIO AL EMPRESARIO DEL AÑO EN 1999 OTORGADO POR LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA, DIVISIÓN VETERINARIA.
- -MIEMBRO DE LA COMISIÓN DE HONOR Y JUSTICIA DE LA FEDERACION DE COLEGIOS Y ASOCIACIONES DE MÉDICOS
- VETERINARIOS ZOOTECNISTAS A.C.
- -VICEPRESIDENTE DE LA UNIÓN DE CRÉDITO DE LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.
- -EN OCASIÓN DEL 150 ANIVERSARIO DE LA ENSEÑANZA DE LA MEDICINA VETERINARIA EN AMÉRICA SE LE OTORGÓ MEDALLA DE ORO.

- -EN LA NEGOCIACIÓN LECHERA "CHIPILO" COLABORÓ COMO JEFE DE FOMENTO PECUARIO
- -MIEMBRO DEL CONSEJO NACIONAL DE SALUD ANIMAL (CONASA)
- -ACTUALMENTE OCUPA EL CARGO DE DIRECTOR GENERAL DE LABORATORIOS Y DISTRIBUIDORA ORDÓÑEZ SA DE CV

- ACTIVIDADES HONORÍFICAS EXTRA CURRICULARES

- -CONSEJERO (2 OCASIONES) Y SECRETARIO DE LA CÁMARA NACIONAL DE COMERCIO EN GUSTAVO A. MADERO D.F.
- -PRESIDENTE FUNDADOR DEL CLUB ROTARIO LA VILLA
- -DIRECTOR DISTRITAL DEL COMITÉ DE EMERGENCIAS DEL DISTRITO 417 DE ROTARY INTERNACIONAL. (DESASTRE DE SANJUAN IXHUATEPEC).
- ASISTENTE A 4 CONVENCIONES MUNDIALES DE ROTARY INTERNACIONAL.
- -VICEPRESIDENTE Y PRESIDENTE DEL CLUB ROTARIO DE LA CIUDAD DE MEXICO, A.C.
    - MIEMBRO ACTIVO POR 38 AÑOS DE ROTARY INTERNACIONAL
    - PATRONO PRESIDENTE DURANTE 10 AÑOS DE LA FUNDACION "ASILO CASA BETTI. I.A.P." QUE BRINDA ASISTENCIA INTEGRALA MUJERES ANCIANAS DE ESCASOS RECURSOS.
    - MIEMBRO DEL PATRONATO DE LA ESCUELA LIBRE DE HOMEOPATÍA DE MÉXICO I.A.P.
    - CONSEJERO DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE INSTITUCIONES DE ASISTENCIA PRIVADA, A.C.

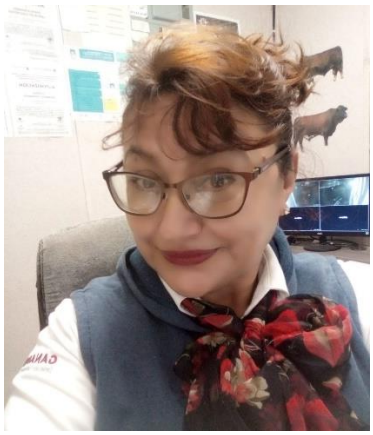
Mérito profesional



MVZ Alfonso Sánchez Anaya

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Diplomado en Planeación Estratégica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).
Gobernador Constitucional del Estado de Tlaxcala 1999-2005, en su gestión promovió el estado democrático, respetuoso de las leyes y promovió oportunidades para el trabajo, la educación, la alimentación y la seguridad social.
Fue precursor y miembro fundador de la ANAGO y promovió la fundación de la CONAGO, por ello en el año 2003 Tlaxcala recibió el reconocimiento nacional como impulsora de un nuevo concepto del Federalismo, más comprometido, equitativo y democrático.
Secretario de Finanzas, en esta institución impulsó medidas para la modernización y simplificación administrativa, además de que propuso esquemas para incrementar la recaudación y reestructurar los presupuestos, favoreciendo el desarrollo social y económico.
Coordinador del Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tlaxcala, en el COPLADET apoyó los programas de fortalecimiento municipal e instrumentó un mecanismo de seguimiento y evaluación para verificar la adecuada aplicación de los recursos, asimismo atender oportunamente la demanda social.
Secretario de Desarrollo Económico, desplegó desde su encargo una intensa actividad de promoción para dar continuidad al impulso industrial iniciado en la década de los 70's.
Director General de Ganadería de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, destaca entre sus principales programas la Campaña Nacional para el Combate de la Abeja Africana.
Diputado Federal por el Estado de Tlaxcala, LVI Legislatura en el Congreso de la Unión 1994-1997.
Senador de la República por el Estado de Tlaxcala, LX-LXI Legislatura, 2006-2012.

Transferencia de tecnología



MVZ CORINA RAMIREZ CERVANTES

Lugar de Nacimiento: Misantla, Ver, realizo estudios profesionales de Medicina Veterinaria en la FMVyZ de la UNAM, Gen 85-89, cédula Profesional 2581391.

Comienzo mi labor profesional en la Clínica y atención de pequeñas poblaciones para posteriormente laborar en la Cd. De Misantla, Ver., año 1998 como Asesor en el Área de "Proyectos Mujeres en el Desarrollo Rural". Para el año 2000 Asesorar al GGAVATT Misantla y posteriormente Coordinar en la Zona Centro de Veracruz, a los Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología Pecuaria, para SEDARPA-Dirección General de Ganadería- Gobierno del Estado-INIFAP-Colegio Estatal de Médicos Veterinarios Zootecnistas del estado de Veracruz. Durante el periodo 2003-2017 me desempeño como Capacitador, para Fundación Produce Veracruz, AC en el Programa FUNPROGAN, Validación y Transferencia de Tecnología en 18 Municipios de la Zona Centro del Estado. Así también participo en el Proyecto de Implementación de la Red de Bovinos Carne para el Estado de Veracruz, años 2013-2017, como Asesor del Grupo Ganadero de la Sierra Costa, SPR de RL., Que incluía a 13 productores líderes en 5 Municipios de la Zona Centro Del Estado, Validar y Transferir Tecnología Pecuaria INIFAP- FIRA-Grupo VERACARNE. A partir del 2018 me convierto en Asesor y Capacitador independiente laborando para Dependencias Oficiales, Instituciones de Enseñanza, Uniones y Asociaciones Ganaderas, y Productores que lo soliciten. Así también y al Servicio de la Ganadería de mi Estado a partir de 2020 participo en el Proyecto de Profesionalización de la Movilización Zoosanitaria SEDARPA-Dirección General de Ganadería-Gobierno del Estado de Veracruz.

ACCIONES O LOGROS MAS RELEVANTES DE LA TRAYECTORIA PROFESIONAL

- En el año 2003 Ganaderos y Asesora del GGAVATT MISANTLA obtienen reconocimiento de Exitosos a Nivel Estatal y Nacional.
- Reconocida como Agente de Cambio Sobresaliente en 2003 SAGARPA-CNOG-INIFAP.
- -Validar y Transferir Tecnología Pecuaria de los Principales Institutos y Centros de Investigación para contribuir con los Productores Ganaderos de los Sistemas Carne, Leche y Doble Propósito en el Estado.
- -Impartir durante 10 años en forma ininterrumpida el Taller de Transformación Láctea en el marco del Concurso de la Vaca Lechera YLAN-YLANG de la Unión Ganadera Regional de

la Zona Centro Veracruz.

- -Obtener Registro de Asesor Técnico FIRA.
- -Asesorar al Grupo Ganadero de la Sierra Costa SPR de RL dentro del Proyecto FIRA de Implementación de la Red Bovinos Carne en el Estado de Veracruz, mejorando los parámetros técnicos, productivos y económicos de los ranchos y productores participantes.
- -Asesor Financiero de la Unión de Crédito de la Unión Ganadera Regional Zona Norte de Veracruz.
- -Capacitar y formar Recursos Humanos de alto rendimiento en Inseminación Artificial y Diagnóstico de gestación en Bovinos, Transformación de Lácteos, Cárnicos y Manejo de Unidades de Producción Pecuaria, mejorando la productividad de los Ranchos Ganaderos y la calidad de vida de los Productores de mi Estado.
- -Obtener Autorización OEA por SADER-SENASICA-Gobierno del Estado.
- **-De manera personal** compartir la vida con mis dos hijos, también Médicos Clínicos y Cirujanos
- Veterinarios egresados de la FES Cuautitlán-UNAM, al Servicio y Desarrollo de la Ganadería en Veracruz

Mérito AMMVEB



MVZ Israel Daniel Ricardo González

Médico Veterinario Zootecnista por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM

Maestro en Medicina Veterinaria y Zootecnia en el área de calidad e inocuidad de los productos de origen animal

Candidato a doctor en ciencias veterinarias de la FMVZ UNAM con el Determinación del microbioma en quesos de cabra producidos en sistemas de lechería familiar en la república mexicana.

Profesor la asignatura Zootecnia de bovinos productores de leche en la licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia y de la asignatura llamada Producción de ganado bovino en la especialidad de Producción Animal: Bovinos del Sistema de Universidad Abierta de la FMVZ UNAM.

Asesor privado en buenas prácticas pecuarias en ganado lechero y en programas de calidad de leche cruda y control de mastitis bovina.

Asesor de la tesista ganadora del Segundo lugar en a la mejor tesis de licenciatura en el área de ciencias médicas básicas. Premio Constantino Ordoñez 2018. FMVZ UNAM con la tesis presentada por la alumna: Pérez Gerardo Malva Dánae. Asesores: Laura Hernández Andrade, Israel Daniel Ricardo González, Miguel Ángel Blanco Ochoa. Título: Determinación de la capacidad adherente de Staphylococcus aureus y Staphylococcus coagulasa negativa aislados de mastitis bovina.

Ganador del segundo lugar del concurso “Talento joven – Ciencia Audiovisual” con el proyecto titulado: Determinación del microbioma en quesos frescos de cabra producidos en sistemas de lechería familiar en la república mexicana”. Concurso realizado en el entorno de las Reuniones científicas 2022 Ciencia para vivir. 9 al 12 de noviembre de 2022. Tabasco, México

Cuenta con 4 artículos en revistas indizadas, 15 en revistas de difusión y cerca de 55 trabajos publicados en diferentes foros de investigación científica y ha impartido alrededor de 44 conferencias en distintos foros en las áreas de buenas prácticas pecuarias, mastitis bovina, alternativas de tratamiento en mastitis bovina y bacterias productoras de biopelícula.

Gerente de la AMMVEB A.C., en los periodos 2010 a 2012 y 2016 a 2018 y colaborador en distintas actividades de esta asociación en los periodos de 2010 a la fecha.

Nombrado vocal de la AMMVEB en el año 2018 y electo tesorero en el año 2022.

CONTENIDO

Ponencias magistrales 1

LIBRO ELECTRÓNICO: PRUEBAS DE CAMPO PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN BOVINOS 1

PERSPECTIVAS DE LA GANADERÍA PARA EL 2050 10

USO DE LA SOLUCIÓN ELECTROLIZADA DE SUPEROXIDACIÓN CON PH NEUTRO (SES) APLICADA EN EL CONTROL DE LA MASTITIS EN LA INDUSTRIA LECHERA. 17

INMUNIZACIÓN DE VIRALES: ¿CÓMO SE HACE EN OTRAS PARTES DEL MUNDO? 20

BIOSEGURIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GANADO LECHERO 21

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PROGRAMA INTEGRAL EN SANIDAD DE BOVINOS EN EL TRÓPICO. 25

AVANCES EN LAS TECNICAS DE DETECCION PARA MICOTOXINAS EN ALIMENTOS 40

LA METAGENÓMICA COMO HERRAMIENTA EN SALUD ANIMAL 44

PRINCIPALES NEMATODOS DE LOS BOVINOS Y SU IMPACTO EN LAPRODUCCION 47

Bienestar y salud animal 48

ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA GAMA GLUTAMYL TRANSFERASA COMO BIOMARCADOR DE UNA BUENA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS RECIEN NACIDAS 48

FACTORES QUE AFECTAN LOS VALORES HEMATOLÓGICOS DE BOVINOS EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO 57

VIDEO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DEL DESBOTONE EN BECERRAS LECHERAS 62

ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN CORRAL DE ENGORDA EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO 65

PATRÓN CIRCADIANO DE LA TEMPERATURA VAGINAL EN CIERVO ROJO (*Cervus elaphus*) 67

PATOLOGÍAS EN OVINOS DE COLIMA, MÉXICO: ESTUDIO DEL 2019-2021. 71

EL PASTOREO ROTACIONAL MODIFICA LA INFESTACIÓN DE *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* EN BOVINOS EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 79

EVALUACIÓN DE INDICADORES ASOCIADOS AL PARTO SOBRE LA MORTALIDAD DE CORDEROS PELIBUEY 85

EFECTO DE LATEMPERATURA AMBIENTAL EN VARIABLES DE COMPORTAMIENTO DE BECERROS ESTABULADOS EN CENTRO DE ACOPIO, EN TROPICO SECO 90

CONDICIONAMIENTO OPERANTE EN CAPRINOS EN ESTABULACIÓN EN ALTIPLANO. 96

COMPORTAMIENTO DE LA VACA LECHERA DURANTE EL PREPARTO Y EL REINGRESO AL CORRAL DE PRODUCCIÓN DESPUÉS DEL PARTO..... 105

EVALUACION DEL ACEITE DE ARBOL DE TÉ COMO TRATAMIENTO CONTRA CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS Y STREPTOCOCCUS DE CASOS CLINICOS DE METRITIS..... 113

EFECTO DEL USO DE PISO DE GOMA EN PASILLO DE CONDUCCIÓN HACIA LA SALA DE ORDEÑO 117

Enfermedades infecciosas..... 135

ETIOLOGÍA Y SUSCEPTIBILIDAD ANTIBACTERIANA EN MASTITIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS LACTANTES EN MICHOACÁN, MÉXICO..... 135

INVESTIGACIÓN DE LOS AGENTES INFECCIOSOS COMUNEMENETE REALCIONADOS CON QUERATOCONJUNTIVITIS BOVINA..... 144

EVALUACIÓN DE ENRO-C, DMSO Y POLI-D-GLUCOSAMINA EN MASTITIS BOVINA POR *Staphylococcus aureus* FORMADOR DE BIOPELÍCULA 146

EVALUACIÓN DE LOS TÍTULOS DE ANTICUERPOS NEUTRALIZANTES CONTRA RABIA EN BOVINOS VACUNADOS CON UNA DOSIS DE VIRUS ACTIVO MODIFICADO CEPA SAD 156

NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANO Y ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LA MASTITIS BOVINA 163

EL PESO AL NACIMIENTO DE CABRITOS ES UN FACTOR DE RIESGO EN LA MORTALIDAD EN LOS REBAÑOS DE LA COMARCA LAGUNERA..... 169

RESPUESTA INMUNOLÓGICA SOBRE BACTERINAS DE LEPTOSPIRA Y SU CORRELACIÓN CON SEROVARIEDADES EN BOVINOS DE LA FMVZ - BUAP. 175

EVALUACIÓN NEMATICIDA DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE SEMILLAS DE *Cyrtocarpa procera* CONTRA *Haemonchus contortus* 184

PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE LEPTOSPIROSIS EN OVINOS DE MÉXICO. 188

COCCIDIOSIS OVINA POR *Eimeria spp,* EN ALTO DE BARAÑAS, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO..... 195

EFECTO DE CAPTURA EN CORRAL DE MURCIÉLAGOS HEMATÓFAGOS COMO PREVENCIÓN DE LA RABIA PARALITICA BOVINA, EVALUACIÓN Y COSTO. 200

CONCORDANCIA ENTRE PRUEBAS DE ELISA, PCR Y AISLAMIENTO BACTERIANO, PARA DIAGNÓSTICO DE LINFADENITIS EN OVINOS Y CAPRINOS. 208

RECUENCIA SEROLÓGICA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA LEPTOSPIROSIS EN REBAÑOS CAPRINOS LECHEROS, EN SIETE COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO, MÉXICO. 217

EVALUACIÓN DE INTERELUCINAS EN GLÁNDULA MAMARIA DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE CON *Staphylococcus chromogenes* 224

EFICIENCIA DE LA ELIMINACIÓN DE *S. aureus* EN UN SISTEMA DE ORDEÑO MECÁNICO DE BOVINOS CON LAVADO AUTOMÁTICO 235

FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y DETERMINACIÓN FENOTÍPICA DE BETALACTAMASAS DE ESPECTRO EXTENDIDO (BLEE) EN CEPAS DE Klebsiella pneumoniae PROCEDENTES DE CASOS DE MASTITIS BOVINA..... 239

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *Mycoplasma* EN BECERRAS HOLSTEIN CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA 245

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LESIONES MORFOPATOLÓGICAS ASOCIADAS A CASOS DE ABORTO EN LA CUENCA LECHERA DE TIZAYUCA HIDALGO 249

PREVALENCIA DE MICOPLASMOSIS EN UN HATO CAPRINO EN QUERÉTARO. 256

EFECTO DE LA IMPLEMENTACION DE UN PROTOCOLO SANITARIO DURANTE LA ORDEÑA SOBRE LA SALUD DE LA GLANDULA MAMARIA Y LA CALIDAD DE LA LECHE BOVINA 260

PREVALENCIA DE SEROVARIEDADES DE LEPTOSPIRA COMO POSIBLES CAUSANTES DE ABORTO EN UN HATO DE GANADO BOVINO. PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO..... 267

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES INMUNES EN BECERROS INMUNIZADOS CON DIFERENTE DOSIS DE VACUNA BCG O CON UN EXTRACTO PROTEICO DE *Mycobacterium bovis*, BAJO CONDICIONES DE CAMPO 275

DISEÑO DE PANELES MULTICOLOR PARA EL ESTUDIO DE SUBPOBLACIONES DE LINFOCITOS T EN BOVINOS TUBERCULOSOS..... 283

CARACTERIZACIÓN DE CEPAS DE *Lactobacillus* spp. COMO PROBIÓTICOS PARA HEMBRAS DE REEMPLAZO..... 289

LA VIRÓMICA COMO HERRAMIENTA IDENTIFICACIÓN DE GENOMAS VIRALES EN CABRAS DE TRASPATIO..... 292

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA Y PRODUCCIÓN DE BIOPELÍCULA EN BACTERIAS CASUSANTES DE MASTITIS CAPRINA 295

Enfermedades parasitarias..... 301

EVALUACION DEL EFECTO REPELENTE Y GARRAPATICIDA DE UN PRODUCTO COMERCIAL ELABORADO CON EXTRACTO DE NEEM EN BOVINOS..... 301

EFICACIA DE LA IVERMECTINA Y DEL SULFÓXIDO DE ALBENDAZOL EN EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN OVEJAS PELIBUEY 307

ACTIVIDAD DEPREDADORA DE UN AISLAMIENTO DEL HONGO *Arthrobotrys musiformis* OBTENIDO DE SUELO DE CUERNAVACA, MORELOS CONTRA EL NEMATODO *Haemonchus contortus* 316

EFECTO DEPREDADOR DEL HONGO *Arthrobotrys oligospora* Y EFECTO LETAL DE SUS FILTRADOS LÍQUIDOS CONTRA *Haemonchus contortus* 322

ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO COMPARATIVO DE UNA CEPA ATENUADA Y UNA CEPA VIRULENTA DE *Babesia bigemina* ORIGINARIAS DE MÉXICO. 333

PRESENCIA DEL HONGO NEMATÓFAGO DACTYLARIA CANDIDA EN MORELOS Y DEPREDACIÓN IN VITRO CONTRA HAEMONCHUS CONTORTUS 336

IDENTIFICACION DE ESPECIES DE *HAEMONCHUS* EN GANADO DE LIDIA. 341

EVALUACIÓN DE AISLADOS DE METARHIZIUM ANISOPLIAE (SL) SOBRE LA MORTALIDAD Y REPRODUCCIÓN DE RHIPICEPHALUS MICROPLUS 342

FAMACHA© OCULAR Y VULVAR COMO HERRAMIENTAS PARA LA DESPARASITACIÓN SELECTIVA DIRIGIDA DE BOVINOS 347

UN FILTRADO LÍQUIDO DE LA CEPA *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA* PRESENTA ACTIVIDAD NEMATICIDA CONTRA *HAEMONCHUS CONTORTUS* (L3) 352

EVALUACIÓN DE AISLADOS DE METARHIZIUM ANISOPLIAE (SL) SOBRE LA MORTALIDAD EN LARVAS DE RHIPICEPHALUS MICROPLUS 363

PRÁCTICAS DE MANEJO EN EL GANADO BOVINO QUE FAVORECEN LA RESISTENCIA A DE LA GARRAPATA *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* A IXODICIDAS EN TRES MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN, OAXACA 368

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD NEMATICIDA DE FILTRADOS LÍQUIDOS DE ARTHROBOTRYS MUSIFORMIS CONTRA *HAEMONCHUS CONTORTUS* 375

AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y ACTIVIDAD DEPREDADORA DE DOS HONGOS NEMATÓFAGOS CONTRA HAEMONCHUS CONTORTUS (L3) 383

EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE UNA DORAMECTINA AL 1.1% MEDIANTE PRUEBA DE ESTABLO Y CAMPO PARA EL CONTROL DE *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* 390

EXPRESIÓN GÉNICA DE Hco-Pgp16 ASOCIADA A LA COMPETENCIA DE SUSTRATOS EN *Haemonchus contortus* (xL_3) RESISTENTE A IVERMECTINA 398

PREVALENCIA DE ANAPLASMOSIS BOVINA A NIVEL NACIONAL EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS, BASADO EN RESULTADOS DIAGNÓSTICOS DEL CENAPA 403

Farmacología aplicada 410

FARMACOCINÉTICA SÉRICA Y CONCENTRACIONES EN LECHE DE TRES PREPARADOS DE ENROFLOXACINA CON PROMOTORES DE LA BIODISPONIBILIDAD 410

Genética 419

MORFOLOGÍA DE LA CABRA EN LA REGIÓN AFROMEXICANA DEL ESTADO DE GUERRERO 419

APLICACIÓN DE ALGORITMOS DE *MACHINE LEARNING* PARA LA DESCRIPCIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN EN OVEJAS 425

RESPUESTA DIRECTA Y CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH EN MÉXICO 432

COMPARACIÓN DE VALORES GENÉTICOS PARA MINERALES EN LECHE CON Y SIN GENOTIPOS PARA BOVINOS EN MÉXICO. 438

Inocuidad y seguridad alimentaria 442

RESISTENCIA DE *S. aureus,* PROVENIENTES DE QUESOS DE MERCADOS DE LA ALCALDIA TLÁHUAC CIUDAD DE MÉXICO. 442

COMPOSICIÓN, CÉLULAS SOMÁTICAS Y PRUEBA DE REDUCTASA EN LA LECHE ENTREGADA EN EL CENTRO DE ACOPIO DE LOMA BONITA, OAXACA 450

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DE LECHE CRUDA DE VACA Y CABRA EN EL ESTADO DE MÉXICO458

IDENTIFICACIÓN Y PERFIL DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS DE PATÓGENOS AISLADAS DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS DE CABRA DE SISTEMAS FAMILIARES EN MÉXICO. 464

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES FAMILIARES DE PRODUCCIÓN CAPRINA Y CALIDAD SANITARIA DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS. 469

Medicina de la producción 473

PREVALENCIA DEL FALLO EN LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS Y CORRELACIÓN CON LA PRESENTACIÓN DE ENFERMEDAD 473

MONITOREO DEL USO DE ANTIBIÓTICOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA..... 425

EFECTO DE APLICACIÓN DE MICROMINERALES SOBRE VACAS BEEFMASTER CON ANESTRO DESARROLLADAS BAJO UN SISTEMA EXTENSIVO 427

REPORTE DE CASO: RUMETINITIS MICÓTICA SECUNDARIA A ACIDOSIS RUMINAL SUBAGUDA, EN UN BECERRO LACTANTE 431

USO DE MICROMINERALES INYECTADOS SOBRE PROTOCOLO REPRODUCTIVO EN GANADO BEEFMASTER BAJO CONDICIONES DEL SUR DE SONORA 439

CASOS DE PAPILOMATOSIS BOVINA EN EL MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO. 443

DETERMINACION DE CALCIO IONIZADO MEDIANTE UN EQUIPO PORTATIL Y SU RELACION CON LA CONCENTRACION SÉRICA DE CALCIO TOTAL en vacas lecheras 456

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIPO DE MUESTRA SOBRE LA MEDICIÓN DE CALCIO IONIZADO EN SANGRE DE VACAS LECHERAS POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ELECTRODO ION SELECTIVO EN UN EQUIPO PORTATIL 462

CONCENTRACIÓN DE INMUNOGLOBULINA G EN BECERRAS DURANTE LAS PRIMERAS 24 HORAS DE NACIDAS 466

EFICACIA DE NASYM VS. VACUNA IBR + PI3 EN LA PREVENCIÓN DEL CRB EN PRODUCCIÓN INTENSIVA EN CORRAL 470

IMPACTO DE LA INMUNIDAD PASIVA FRENTE A QIB EN TERNEROS NACIDOS DE MADRES VACUNADAS CON MORAK® 5 472

Nutrición 474

MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA EN TRES AGOSTADEROS DE PAJUACARÁN, MICHOACÁN. MÉXICO. 474

ESTUDIO ZOOMÉTRICO DE LA CABRA BOER EN COLIMA, MÉXICO 483

EFECTO DE EXTRACTO *YUCCA SCHIDIGERA* EN PROTEÍNA, FIBRA Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE MICROENSILAJES DE PASTO MARALFALFA 490

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MONENSINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO EN OVINOS DE ENGORDA: UN METAANÁLISIS 496

EFECTO DEL PASTOREO SOBRE EL GRADO ANTIOXIDANTE DE LA LECHE 504

EVALUACIÓN DE GANANCIA DE PESO Y SOBREVIVENCIA DE CABRITOS A PARTIR DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *LACTOBACILLUS SUBTILLIS PB6* 509

DIGESTIBILIDAD, EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ESTIMACIÓN DE METANO DE CORDEROS ALIMENTADOS CON UN FITOBIÓTICO 515

EFECTO DEL ACEITE MARINO EN OVINOS EN LA PREDICCIÓN DE METANO POR ESTEQUIOMETRÍA DE LA FERMENTACIÓN 520

EFECTO DEL ENSILAJE SOBRE LA DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE MALVA (*Malva parviflora*) 525

EFECTO DE LA ADICIÓN DE SABORIZANTES EN UN SUPLEMENTO SOBRE LA PALATABILIDAD DE BOVINOS EN LACTANCIA" 531

COMPORTAMIENTO EN CORRAL Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN OVINOS PELIBUEY Y DORPER X PELIBUEY EN UN CLIMA SUB-TROPICAL 537

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE ENSILADOS DE PAPAYA DE DESECHO A DIFERENTES TIEMPOS DE APERTURA 543

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y QUÍMICAS DE ENSILADO SALINO DE RESIDUOS FRUTAS O VERDURAS 549

ALTERNATIVAS EN LA COSECHA DEL CULTIVO DE MAIZ EN DESASTRES: 555

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS *In vitro* DE BLOQUES NUTRICIONALES QUE INCLUYEN VAINA DE ALGARROBO O PAROTA 560

SUPLEMENTACIÓN EN BECERROS POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO SUBHÚMEDO 566

DEFICIT DE VITAMINA A Y VITAMINA B1 EN TERNEROS DE RAZA DE LIDIA. 570

Pequeños rumiantes 572

COMPORTAMIENTO EN CORRAL Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN OVINOS PELIBUEY Y DORPER X PELIBUEY EN UN CLIMA SUB-TROPICAL 572

VIABILIDAD DE *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINAS. 579

"LA GANADERÍA CAPRINA DE LA LOCALIDAD DE BARAJILLAS, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO-MÉXICO" 584

COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE USO DE ZERANOL EN CORDEROS DE PELO 593

FRECUENCIA DE SEROPREVALENCIA DE *Mycobacterium avium subespecie paratuberculosis* EN REBAÑOS OVINOS CON MANEJO SEMI-INTENSIVO 597

Reproducción 603

EFECTO DE MASTITIS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS 603

EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE SOBRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS 607

COMPOSICIÓN PRODUCTIVA DE UNA LECHERÍA FAMILIAR 613

RESPUESTAS REPRODUCTIVAS DE VAQUILLAS BRAHMAN BAJO SUPLEMENTACIÓN DE PROGESTERONA POST-IATF 619

COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS MERINO ISLA SOCORRO DURANTE LA DETECCIÓN DEL ESTRO DE HEMBRAS SINCRONIZADAS 625

CRIOPRESERVACIÓN DE ESPERMATOZOIDES EPIDIDIMARIOS Y SU EFECTO SOBRE LA FERTILIDAD DE VACAS EN EL TRÓPICO DE GUERRERO 630

MICROLITIASIS TESTICULAR EN MACHOS BOVINOS DE LA COSTA CHICA DE GUERRERO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD SEMINAL 637

EVALUACIÓN DIRECTA E INDIRECTA DE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DEL CARNERO 643

INTERPRETACIÓN ECOGRÁFICA TESTICULAR EN LA VALORACIÓN DE SEMEN BOS TAURUS Y RAZAS SINTÉTICAS. 650

PRODUCCIÓN DE LAS PRIMERAS CRÍAS EN MÉXICO CON EMBRIONES OBTENIDOS A PARTIR DE BECERRAS PREPÚBERES 656

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES CLONADOS POR TRANSFERENCIA NUCLEAR INTERESPECIES (BOVINO-OVINO). 662

PROLAPSO UTERINO DE UNA VACA EN LA COMUNIDAD DE MALDONADO, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GRO. 664

INSEMINACIÓN VAGINAL CON CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA EN OVEJAS SINCRONIZADAS CON PROGESTERONA NATURAL O SINTÉTICA 669

SEMEN ENVASADO EN CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA PARA LA 676

CONGELACIÓN DE SEMEN OVINO ENVASADO EN CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA 676

RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE CUERPOS LÚTEOS IDENTIFICADOS MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA DURANTE UN PROGRAMA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (OVSYNCH) Y LA FERTILIDAD EN UN HATO DE VACAS LECHERAS 683

EFICIENCIA REPRODUCTIVA BASADA EN FRAME SCORE EN GANADO BOVINO BEEFMASTER 689

IDENTIFICACIÓN DE GLICOPROTEÍNAS ASOCIADAS A LA GESTACIÓN (PAGs) EXPRESADAS EN GESTACIÓN TEMPRANA EN EL OVINO 692

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES REACTIVAS EN ESPERMATOZOIDES BOVINOS CRIOPRESERVADOS EN DOS MEDIOS COMERCIALES ADICIONADOS CON UN ANTIOXIDANTE.. 697

Socioeconómicas 704

UNA REVISIÓN BÁSICA DE LA TEORIA DE LA ZOOTECNIA FRANCESA 704

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LECHE PROCESADA EN AGROINDUSTRIAS QUESERAS TRADICIONALES EN ACULCO, ESTADO DE MÉXICO[1] 705

ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINA EN ZONAS MARGINADAS DEL MUNICIPIO DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO. 713

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UN ESTABLO LECHERO EN SISTEMA INTENSIVO EN EL ESTADO DE QUERÉTARO 729

EL PAPEL DE LA MUJER EN LA AGROINDUSTRIA QUESERA TRADICIONAL EN MICHOACÁN: ESTUDIO DE CASO[1] 735

COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN LITRO DE LECHE DE VACA EN UN SISTEMA DE PASTOREO, EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO 742

EVALUACIÓN ECONÓMICA EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ 748

Sustentabilidad Agropecuaria 756

ESTRATEGIAS DE MANIPULACIÓN RUMINAL PARA DISMINUIR LA PRODUCCIÓN DE METANO EN RUMIANTES: REVISIÓN. 756

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO DE UNA PRODUCCIÓN EN EL ALTIPLANO POR PRODUCIR 1 KILO DE LECHE 769

Tips y Comunicaciones cortas 776

RELACIÓN ENTRE ANALITOS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS Y GRASA/PROTEÍNA DE LECHE EN CABRAS SAANEN Y NUBIA DE LOS ASMOLES, COLIMA 776

EVIDENCIAS DURANTE LA INSPECCIÓN EN SINIESTROS POR ELECTROFULGURACIÓN EN BOVINOS 787

CEGUERA POR NEUROPATÍA ASOCIADA A INTOXICACIÓN POR FUMONISINA Y ARSÉNICO EN UN HATO BOVINO. REPORTE DE CASO. 793

CÉLULAS SOMÁTICAS, LACTOSA, PROTEÍNA Y GRASA EN LECHE DE VACAS DE UNIDADES PRODUCTIVAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO. 799

HERNIA UMBILICAL ENCARCELADA EN UN BECERRO DE TRES MESES. REPORTE DE CASO 807

Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C.

XLV Congreso Nacional de Buiatría

Tlaxcala, Tlaxcala 2023

El contenido y la presentación de los documentos son de la absoluta responsabilidad de sus autores

El Comité Organizador

Ponencias magistrales

LIBRO ELECTRÓNICO: PRUEBAS DE CAMPO PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN BOVINOS

[*]Bailón B.A., Olguín y B.A.F., Ruiz R.R.A., Ricardo G.I.D., Martínez L.A., Flores S.E., González L.R., & Ramírez E.D.E.

❖ Análisis de Líquido Ruminal.

La salud y la nutrición son componentes críticos de la producción animal, las fuentes de energía y otros nutrientes esenciales deben ser proporcionados en cantidades óptimas con el fin de promover el nivel deseado de productividad y la prevención de trastornos gastrointestinales. La alimentación del ganado bovino especializado en la producción tanto de leche como de carne, se basa en raciones ricas en carbohidratos (CHO's) de fácil digestión, los cuales contribuyen a la síntesis de ácidos orgánicos (ácidos grasos volátiles (AGV´s) y ácido láctico), promoviendo cambios físicos y químicos en el ambiente ruminal; principalmente el descenso del potencial de hidrogeniones (pH). El pH ruminal es un factor crítico en la función normal y estable del ambiente ruminal, relacionado al efecto que tiene este sobre las poblaciones microbianas, los productos de fermentación, y las funciones fisiológicas (motilidad y absorción), por lo tanto, la acumulación no fisiológica de ácidos orgánicos y la consiguiente reducción del pH por debajo de los valores de referencia (5.8 – 6.5), tienen un impacto significativo en la disbiosis de la microbiota, la reducción en la digestibilidad de los alimentos fibrosos y patologías adicionales derivadas, que incluyen diarreas, laminitis, desplazamiento de abomaso, cambios en la morfología de la pared ruminal y abscesos hepáticos, principalmente.

La acidosis ruminal se presenta cuando el ganado consume CHO´s fermentables en cantidades suficientes para provocar una acumulación no fisiológica de ácidos en el rumen con una reducción marcada en el pH. La acidosis ruminal es el trastorno nutricional más común en el ganado bovino, la cual se clasifica en aguda o subaguda según el valor presente del pH ruminal, el tipo de ácido responsable de la disminución del pH y los signos clínicos; el pH ruminal de 5.6 o menos, generalmente se considera el punto crítico para la acidosis ruminal, un rango de pH 5.0 a 5.6 se considera acidosis ruminal subaguda o SARA (por sus siglas en inglés Subacute Ruminal Acidosis) y un pH por debajo de 5.0, cercano a 4.5 o menos, se considera una acidosis aguda.

La acidosis ruminal aguda, es el resultado de un consumo excesivo y/o abrupto de CHO´s, que provoca una rápida fermentación con producción de ácido láctico y una repentina disminución del pH del rumen a niveles fisiológicamente inapropiados. La concentración total de AGV´s generalmente aumenta al inicio de la acidosis, pero a medida que esta progresa, las concentraciones de AGV´s disminuyen debido a la destrucción del microbiota normal (aumento de bacterias Gram positivas productoras de ácido láctico, destrucción de bacterias Gram negativas y reducción o desaparición completa de protozoarios) y la dilución ruminal por la entrada de fluidos para compensar el aumento de la osmolalidad. El incremento de la producción del ácido láctico se debe esencialmente al establecimiento de una población de lactobacilos tolerantes a los niveles de pH ácidos y la disminución en la fermentación del ácido láctico se debe a que el pH se encuentra por debajo del rango necesario para que las bacterias fermentadoras del lactato sean activas. La acidosis ruminal aguda es lo suficientemente grave como para inducir un deterioro significativo en las funciones fisiológicas provocando estasis ruminal y deshidratación, lo que puede conducir a la muerte del animal.

Consideraciones para la obtención de la muestra:

Para la obtención de líquido ruminal es importante tener en cuenta que el pH ruminal puede variar considerablemente, dependiendo del sitio donde este se obtuvo, así como la última hora en la que el ganado fue alimentado. La obtención del líquido ruminal más representativa para su análisis sería

[*] *Académico del Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes de la FMVZ-UNAM. Teléfono: 5518503759. Correos electrónicos: alejandrobb@hotmail.com y abailon@unam.mx*

mediante la recolección de una muestra compuesta de varios sitios en el rumen o una sola muestra del centro de este; sin embargo, tales muestreos no se pueden recolectar en condiciones de campo, por lo tanto una recomendación viable, es siempre recolectar el líquido de la misma región del rumen en cada muestreo.

El pH del líquido ruminal cae después de la administración del alimento y generalmente vuelve a su nivel inicial en aproximadamente 12 horas. Para poder diagnosticar acertadamente una alteración en este fluido, se deberán tomar en cuenta los siguientes puntos: cuando el ganado es alimentado con los componentes de la dieta por separado (forraje y concentrado), las muestras deberán ser recolectadas de 3 a 5 horas después de la administración del primer concentrado de la mañana. Sin embargo, cuando se administra una dieta integral (mezclada) dos veces al día, las muestras podrán ser recolectadas de 5 a 7 horas después de la alimentación.

El método tradicional para la recolección de líquido ruminal, es a través de la sonda oro-ruminal, este método es simple y económico; sin embargo, se requiere de cierta práctica, ya que, por la posición del rumen, no se puede determinar ni controlar el sitio de obtención de líquido, por lo que la muestra suele contaminarse con saliva rica en bicarbonato. Esta técnica permite la obtención de un volumen mayor de muestra sin riesgo de contaminación en cavidad peritoneal. Una solución viable a nivel de campo, para la obtención de líquido ruminal libre de contaminación como la saliva y el sitio de recolección es la rumenocentesis. Aquellas muestras obtenidas por sonda oro-ruminal, presentan en promedio 1.1 unidades de pH más altas que las muestras por rumenocentesis. Se debe tomar en cuenta que, aunque el método por rumenocentesis tenga ciertas ventajas, no deja de ser un procedimiento invasivo, por lo que existen riesgos para el animal asociados a una mala praxis. Entre los efectos adversos por un mal procedimiento se incluyen peritonitis y formación de abscesos entre la pared abdominal y el sitio de punción ruminal.

Bibliografía.

1. Britton, R. and Stock, R. (1989) Acidosis: A continual problem in cattle fed high grain diets. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Cornell Univ. Ithaca, NY*, pp. 8–15.
2. Bryant, A.M. (1964) Variations in the pH and volatile fatty acid concentration within the bovine reticulo-rumen. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 7 (4), pp. 694–706.
3. Council, N.R. (2000) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*.
4. Dirksen, G. and Smith, M.C. (1987) Acquisition and analysis of bovine rumen fluid. *The Bovine practitioner (USA)* .
5. Garrett, E.F., Pereira, M.N., Nordlund, K.V., Armentano, L.E., Goodger, W.J. and Oetzel, G.R. (1999) Diagnostic Methods for the Detection of Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (6), pp. 1170–1178.
6. Goad, D.W., Goad, C.L. and Nagaraja, T.G. (1998) Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. *Journal of Animal Science*, 76 (1), pp. 234–241.
7. González, R.L., Alva, M.A.B., Bernal, A.F.O. y and Blanco, A.B. (2017) Trombosis séptica caval y neumonía tromboembólica, secundaria a acidosis ruminal subaguda en una vaca lechera. *Clínica veterinaria: abordaje diagnóstico y terapéutico*.
8. Huber, T.L. (1976) Physiological effects of acidosis on feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 43 (4), pp. 902–909.
9. Krause, K.M. and Oetzel, G.R. (2006) Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal feed science and technology*.
10. Nagaraja, T.G., Galyean, M.L. and Andy Cole, N. (1998) Nutrition and Disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 14 (2), pp. 257–277.
11. Nagaraja, T.G. and Titgemeyer, E.C. (2007) Ruminal Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological
and Nutritional Outlook1, 2. *Journal of Dairy Science*, 90, pp. E17–E38.
12. Nocek, J.E. (1992) Feeding Sequence and Strategy Effects on Ruminal Environment and Production Performance in First Lactation Cows. *Journal of Dairy Science*, 75 (11), pp. 3100–3108.
13. Nordlund, K. and Garrett, E.F. (1994) Rumenocentesis: A technique for collecting rumen fluid for the diagnosis of subacute rumen acidosis in dairy herds. *Bovine Pract.*, 28, pp. 109–112.

14. Plaizier, J.C., Krause, D.O., Gozho, G.N. and McBride, B.W. (2008) Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176 (1), pp. 21–31.
15. Smith, B.P. (2014) *Large Animal Internal Medicine - E-Book*. Edición: 5 ed. Mosby.
16. Therion, J.J., Kistner, A. and Kornelius, J.H. (1982) Effect of pH on growth rates of rumen amylolytic and lactilytic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 44 (2), pp. 428–434.
17. Wc, S. (1999) The effect of subclinical rumen acidosis on milk components. *Proceedings - Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers.*, pp. 40–46.
18. Yun, S.K. and Han, J.D. (1989) Effect of Feeding Frequence of Concentrate to Milking Cow in Early Lactation on pH and VFA-Concentration in Rumen Fluid and on Milk Composition and Milk Yield. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2 (3), pp. 418–420.

- **Urianálisis.**

La orina es un líquido de excreción de desecho conformada por agua, electrolitos (sodio, potasio y calcio) y residuos nitrogenados (urea, creatinina, amoniaco y ácido úrico), que ha sido producida por los riñones a partir del plasma, mediante mecanismos de intercambio de las nefronas (filtración glomerular, reabsorción tubular y secreción). Los riñones tienen una gran importancia en el mantenimiento del balance hídrico y electrolítico, equilibrio ácido-base y presión osmótica de los líquidos orgánicos. Asimismo, participan en la eliminación de productos del catabolismo y sustancias con potencial tóxico
para el organismo, a través de procesos de filtración selectivos que tienen lugar en los glomérulos. Debido al complicado proceso fisiológico para la formación de la orina, esta se puede alterar no solo por enfermedades propias de los riñones, sino también por numerosos desórdenes sistémicos (extrarrenales). Es por esto que la examinación de una muestra de orina es altamente útil en la clínica de los bovinos y forma parte de las herramientas diagnósticas con las que el médico veterinario practicante cuenta en el campo de trabajo, para establecer un diagnóstico o descartar la presencia de patologías.
El análisis de la orina o urianálisis es una de las mejores pruebas para iniciar con nuestros procedimientos diagnósticos, para aquellas patologías que dependen de la evaluación funcional de órganos y sistemas, y que precisan de los llamados métodos complementarios como el urianálisis.
El análisis de la orina es una prueba simple, rápida, no invasiva y de bajo costo que se puede implementar a nivel de campo, la cual consiste en la evaluación de las propiedades físicas y químicas de la orina, la estimación de la concentración de solutos y el examen microscópico del sedimento. El urianálisis está indicado en bovinos con sospecha de enfermedad renal primaria o del aparato urinario (insuficiencia renal aguda o crónica, glomerulonefritis, nefritis, pielonefritis, cistitis, uretritis y urolitiasis), así como en desórdenes sistémicos y metabólicos como enfermedades gastrointestinales, uterinas, adrenales, hepáticas, hemáticas, óseas, musculares, intoxicaciones, cetosis, exceso de proteína en la dieta y procesos inflamatorios asociados principalmente a reticulitis traumática y sus secuelas, entre otras. Adicionalmente, esta prueba es útil para el monitoreo de eficacia y seguridad de procedimientos preventivos (sales aniónicas). Las principales desventajas de esta prueba son que se requiere de equipo básico de laboratorio (potenciómetro, refractómetro, centrífuga y microscopio), para el procesamiento de las muestras y que es indispensable obtener una muestra de excelente calidad, así como analizarla en un período corto después de su obtención, con el fin de evitar su detrimento, ya que los resultados obtenidos pueden verse alterados y perder su valor diagnóstico. Pese a las ventajas y desventajas que presenta el análisis de la orina, la prueba aplicada en campo, permite obtener un tiempo de respuesta menor, teniendo una mayor precisión de los resultados e interpretaciones, así como la facilidad de correlacionarse con los signos e historia clínica y poder implementar un tratamiento o medidas correctivas oportunas que eviten el deterioro progresivo de los animales enfermos.
Las muestras de orina se pueden obtener durante la micción espontánea, por estimulación o por cateterización. Las muestras tomadas por micción son fáciles de colectar, sin embargo, es probable que se contaminen. Para la evaluación bacteriológica es preferible la cateterización, aunque esta requiere de cierto adiestramiento y generalmente se provoca un ligero traumatismo durante su realización, el cual en algunas ocasiones puede producir un leve incremento de los eritrocitos y

proteínas urinarias, debido a que el divertículo suburetral es difícil de cateterizar. El urianálisis debe realizarse lo más pronto posible después de la recolección de la muestra (en un plazo no mayor a 30 minutos), cuanto más tiempo tarde en efectuarse, menos fiable será, ya que pueden producirse cambios en la orina como: lisis de los eritrocitos, degeneración de leucocitos y cilindros, proliferación bacteriana, alcalinización del pH, evaporación de cetonas, metabolización de la glucosa y oxidación de los pigmentos biliares.
Antes de llevar a cabo la recolección de la orina, es importante tomar en cuenta algunas variables en los animales a evaluar, que pueden modificar las características de la orina, independientemente del método de recolección y tiempo de procesamiento. Estas incluyen variables fisiológicas o inducidas (relacionadas con el manejo o tratamientos administrados). Algunos ejemplos son el tipo de dieta, volumen de agua ingerida, complementación con sales minerales, hora del día, factores farmacológicos, condiciones ambientales y otros elementos como el estrés, ejercicio y enfermedades sistémicas. Por ejemplo, la dieta puede influir en el pH de la orina, las muestras recolectadas a primera hora en la mañana suelen estar más concentradas, la administración de corticosteroides y diuréticos interfieren con la capacidad de concentración renal, puede causar proteinuria y los antibióticos pueden enmascarar infecciones del tracto urinario. Las muestras de orina obtenidas después de administrar diuréticos están diluidas, por lo que no son válidas para los análisis de rutina.

Bibliografía.

1. Strasinger SK, Lorenzo MSD. Análisis de orina y de los líquidos corporales / Urinalysis and body fluids. Ed. Médica Panamericana; 2010. 322 p.
2. Castaño Bilbao I, Slon Roblero Ma F, García-Fernández N. Estudios de función renal: función glomerular y tubular. Análisis de la orina. Nefrología. 2009 Feb 1;2(1):17–30.
3. Smith BP. Large Animal Internal Medicine - E-Book. Edición: 5. DVM BPS, editor. Mosby; 2014. 1712 p.
4. Núñez Ochoa L, Bouda J. Patología clínica veterinaria. México, D.F: UNAM, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2007. 348 p.
5. Chauhan, R. and Agarwal, D. Textbook of Veterinary Clinical & Laboratory Diagnosis. 2nd edn; 2008.
6. Callens AJ, Bartges JW. Urinalysis. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2015 Jul;45(4):621–37.
7. Alcántara, G. et al. Concentración Urinaria en Ganado Vacuno Sano de Raza Holstein Friesian en el Periodo Post-Parto', Facultad de Veterinaria de Murcia. 2003 6(11), pp. 951–952.
8. Ramírez G, Quiroz-Rocha G. Urianalisis. En: Quiroz-Rocha G. Manual de prácticas de patología veterinaria. México: UNAM; 2010. p.95-104.
9. Latimer KS, editor. Duncan and Prasse's Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology. 5th edition. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell; 2011. 528 p.
10. Corrigan R. Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology, 2nd edition. Can Vet J. 2011 Feb;52(2):161.

❖ Pruebas de Calcio para Diagnóstico de Hipocalcemia Clínica y Subclínica.

La hipocalcemia es un trastorno agudo en el metabolismo del calcio que se presenta en vacas lecheras, por lo general, poco después del parto, produciendo la caída del animal en decúbito esternal, en casos graves puede llegar a provocar coma y muerte. Su prevalencia en vacas lecheras adultas se estima entre un 5 as vacas de alta producción lechera son más susceptibles que aquellas de menor producción. La hipocalcemia subclínica es más frecuente que la forma clínica y se presenta en más del 60% de las vacas multíparas y 25% de las vacas primíparas durante las primeras 24 horas después del parto (Goff, 2008), lo anterior se debe a que el inicio del proceso de parto coincide con la síntesis y secreción de calostro.
Mucho más clara que la relación con la producción resulta aquella con la edad, es decir, a mayor edad mayor riesgo, así las vacas primíparas prácticamente no sufren de este padecimiento, mientras que la susceptibilidad aumenta en forma lineal hasta los 6 años, lo anterior se debe a que el inicio del proceso de parto coincide con la síntesis y secreción de calostro, el cual contiene aproximadamente 2.3 g de calcio/kg de calostro producido (Goff *et al*., 1995).

Durante el periodo de transición (3 semanas pre y 3 semanas posparto) las vacas consumen menos energía que la que requieren para la síntesis de leche, por lo que entran en balance energético negativo (BEN) (Bauman *et al*., 1980). Ante esto, los triglicéridos almacenados en los adipocitos se liberan como ácidos grasos (AG). Cuando la cantidad de AG que llegan al hígado es mayor que la capacidad de este órgano para utilizarlos y secretarlos, se acumulan, y las vacas desarrollan diversos grados de lipidosis hepática; siendo así más susceptibles a presentar hipocalcemia, debido a la falla en la producción de calcidiol (25OHD3), (Vernon, 2005), que participa en el incremento de los niveles séricos de Ca.
Entre los múltiples factores que se han identificado como agentes inductores de esta condición se encuentran: alta secreción de Ca en el calostro, la inhibición de la acción de la parathormona (PTH) manifestada por la deficiencia de la conversión del calcidiol en calcitriol, y la disminución en el número de receptores intestinales a este último compuesto. La hipocalcemia se presenta durante el periodo de transición, durante el cual ocurren cambios fisiológicos que permiten la adaptación de la mayoría de los tejidos corporales en apoyo de las funciones de la glándula mamaria. Los mencionados ajustes fisiológicos pueden verse alterados por la edad, la condición corporal de la vaca, así como por la alimentación y manejo que se proporcione a los animales durante el periodo de transición. Por lo general, la normocalcemia se puede recuperar en las siguientes horas o días. De lo contrario, la calcemia puede disminuir hasta el grado de provocar en la vaca la pérdida de sus funciones biológicas vitales (Goff et al., 1997). Lo anterior se debe a que el Ca juega un papel determinante en varios procesos fisiológicos como son contracción muscular, transmisión de impulsos nerviosos, transmisión de señales hormonales, coagulación sanguínea, función inmune, etc. (Cunningham, 2014). Por lo tanto, si la concentración sérica de Ca es menor a 2 mmol/L, disminuye la motilidad del músculo liso, se reduce la absorción de nutrientes en el intestino y es un factor de riesgo para el desplazamiento de abomaso (Daniel, 1983).

El diagnostico se puede establecer con bastante seguridad con base en los hallazgos clínicos, la relación temporal con el parto y la historia clínica sobre el curso del padecimiento. La buena respuesta a la infusión terapéutica de Ca sirve tardíamente como confirmación del diagnóstico.

Pero como esta terapia está ligada a importantes riesgos en animales caídos por alguna otra causa, en todos los casos hay que realizar una minuciosa revisión clínica. Generalmente se puede prescindir de la determinación de Ca y otros electrolitos en el suero.
El análisis del laboratorio, aunque puede llegar a resultar útil, generalmente el tiempo que transcurre, hasta la obtención de los resultados es demasiado. Para aquellos casos dudosos, en las que la infusión repetida de Ca resulta riesgosa, o no haya causado resultados favorables o hay recidivas, se dispone de una prueba rápida " al pie de vaca", que se realiza con sangre completa equipo Vet Ca2+ (TD-5220A®) o la prueba de EDTA en la cual se aprovechan los iones que son esenciales para la coagulación sanguínea (Dirksen *et al*., 2005).

Bibliografía.

1. Bauman DE, WB Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63: 1514-1529.
2. Cunningham JG. 2014. Fisiología Veterinaria. Quinta edición. Barcelona, España. Elsevier.
3. Daniel RCW. 1983. Motility of abomasum and rumen during hypocalcemia. Can. J. Comp. Med. 47:276-280.
4. Dirksen G. 2005. Medicina Interna y Cirugía del Bovino. Cuarta edición. Buenos Aires, Argentina. Inter-Médica.
5. Goff JP, TA Reinhardt, RL Horst. 1995. Milk fever and dietary cation-anion balance ejects on concentration of vitamin D receptor in tissue of periparturient dairy cows. J. Dairy Sci. 78:2388-2394.
6. Goff JP, RL Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic diseases. J. Dairy Sci. 80:1260-1269.
7. Goff JP. 2008. The monitoring, prevention and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Vet. J. 171:50-57.
8. Vernon GR. 2005. Lipid metabolism during lactation: A review of adipose tissue-liver interactions and the development of fatty liver. J. Dairy Res. 72:460-469.

- **Prueba de California para el Diagnóstico de Mastitis Subclínica.**

La leche es la secreción mamaria normal de mamíferos, su producción inicia en el post-parto y se prolonga durante varios meses, este proceso puede ser alterado por factores internos y externos, entre los que podemos mencionar: problemas metabólicos y traumatismos, sin embargo, la causa más común de alteraciones en la glándula mamaria es de etiología microbiana, la cual provoca una respuesta inflamatoria en el tejido glandular denominada mastitis.
La inflamación intramamaria es acompañada por cambios patológicos e inmunológicos en la glándula, estos ocurren en distintos grados de intensidad y resultan en una amplia variedad de consecuencias, como lo son alteraciones en la producción, calidad físico-química y sanitaria de la leche.
La mastitis es la enfermedad más frecuente en el ganado especializado en la producción de leche, constituyendo una de las mayores amenazas para la industria lechera desde el punto de vista económico y de salud pública.
Para identificar la presencia de estas alteraciones en la glándula mamaria, existen varias técnicas de campo y de laboratorio, realizadas en la secreción obtenida de esta. Las pruebas de campo son de gran ayuda ya que permiten llegar a un diagnóstico presuntivo y rápido, permitiendo la toma de decisiones para implementar medidas preventivas y correctivas, evitar la diseminación de la enfermedad y disminuir las pérdidas económicas.
A continuación, se mencionan las técnicas diagnósticas utilizadas a nivel de campo que pueden ser realizadas por médicos veterinarios y personal técnico capacitado.

La prueba de California, también conocida como CMT (California Mastitis Test por sus siglas en inglés) para diagnóstico de mastitis ha sido empleada durante décadas y sigue siendo la prueba más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de una inflamación intramamaria subclínica en ganado. La combinación de la secreción láctea con el reactivo de California evidencia al ácido desoxirribonucléico (ADN) de las células somáticas, gracias a los principios activos del reactivo elaborado a partir de un detergente (alquil-aril-sulfonato de sodio), el cual, destruye la membrana de las células somáticas exponiendo así el ADN de estas y tiñéndose con el colorante (púrpura de bromocresol), que funciona como indicador de pH. La reacción de la prueba produce un gel en función directa con un número aproximado de células somáticas; los resultados se pueden interpretar como negativo, traza, 1+, 2+ y 3+, según la consistencia y grado de viscosidad del gel.
Cuando la glándula mamaria está inflamada, se eliminan mayor número de células somáticas en leche, ya que son las responsables de proteger al órgano de microorganismos. Cuantas más células haya, mayor infección se espera que tenga la glándula mamaria. La prueba de California es un método de diagnóstico que posee una sensibilidad del 97% y una especificidad del 93%.
El alquil-aril-sulfonato de sodio es un agente tensoactivo aniónico que al unirse a la secreción obtenida, forma un precipitado o un gel con las células presentes en la misma. Este precipitado se puede observar con experiencia a simple vista, su intensidad se puede clasificar en diversos grados, dependiendo de la concentración aproximada de células somáticas en la muestra; el púrpura de bromocresol aporta información acerca del pH de la leche, pues cuando hay una disminución en la secreción láctea, ya sea porque se acerque el final de la lactancia (período seco) o como resultado de una mastitis, el pH se desplaza hacia la alcalinidad y produce una coloración púrpura en comparación con el azul grisáceo que presenta la leche con un pH normal (6.7 – 6.9). Por otro lado, también se puede generar un pH ácido (5.2) como resultado de la fermentación de la lactosa que realizan las bacterias; cambiando la muestra a un color amarillo, siendo ésta una característica común en mastitis causadas por enterobacterias.

Bibliografía.

1. Bedolla C, Castañeda V. Métodos de detección de la mastitis bovina. Revista Electrónica de Veterinaria 2007; 8: 1-17.
2. Cano CP. Nuevas alternativas en el diagnóstico clínico de campo y en el tratamiento de mastitis. Bovinotecnia 2006; Boletín Técnico Virtual.

3. National Mastitis Council Publication "Laboratory and Field Handbook on Bovine Mastitis" (1987).
4. Bexiga R, Koskinen MT, Holopainen J, Carneiro C, Pereira H, Ellis KA, Vilela CL. Diagnosis of intramammary infection in samples yielding negative results or minor pathogens in conventional bacterial culturing. J Dairy Res 2011; 78: 49-55

- **Determinación de la calidad del calostro.**
  (Calostrómetro y Refractómetro Grados Brix)

Las becerras representan el futuro productivo del hato lechero, por lo que es fundamental establecer un programa de reemplazos exitoso; para ello, resulta crucial comprender la importancia que tiene el traspaso de inmunidad de la vaca a la cría recién nacida, dado que nace sin inmunidad humoral adecuada y depende casi totalmente de la transferencia de inmunoglobulinas (anticuerpos) presentes en el calostro. Este mecanismo de protección de la madre a la cría vía calostro, se denomina “transferencia pasiva de inmunidad" y representa para los becerros una mayor probabilidad de vida.

La placentación sindesmocorial de la vaca forma un sincitio entre el endometrio materno y el feto, separando por medio de seis capas histológicas los suministros de sangre materna y fetal, por lo cual la transferencia de inmunoglobulinas no es posible. Aunque los neonatos nacen con el sistema inmune desarrollado, en el ambiente protector del útero no se produce estimulación antigénica, por lo que al nacimiento son agammaglobulinémicos. En consecuencia, los becerros recién nacidos, durante sus primeras horas de vida, son dependientes de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas que contiene el calostro materno. La cual le proporcionará en sus primeras semanas de vida, la protección necesaria contra agentes infecciosos. Cabe resaltar que la transferencia de inmunidad pasiva, no solo es importante para reducir la mortalidad y morbilidad de las crías a corto plazo, sino que además posee efectos muy positivos a largo plazo en la salud y en la futura producción de la becerra.

El calostro bovino consiste en una mezcla de secreciones lácteas y de componentes del suero sanguíneo que se acumulan en la glándula mamaria, por el paso selectivo de inmunoglobulinas y de otros elementos desde la tercera semana antes del parto, logrando una máxima concentración 3-9 días antes del parto. Por definición, únicamente la secreción del primer ordeño después del parto puede ser denominada calostro. Secreciones desde el segundo hasta el octavo ordeño (cuarto día de lactancia), son llamadas leche de transición, ya que su composición gradualmente se asemeja a la de la leche entera.

Los constituyentes del calostro incluyen además de inmunoglobulinas, leucocitos, factores de crecimiento, hormonas, factores antimicrobianos no específicos y nutrientes. Las concentraciones de muchos de estos componentes son mayores en las primeras secreciones recolectadas después del parto, luego disminuyen constantemente durante los siguientes ordeños, hasta alcanzar las concentraciones más bajas que se miden de forma rutinaria en la leche entera.

La administración de calostro de excelente calidad a los becerros recién nacidos, es un factor importante que repercute de manera directa en la salud del neonato y en la rentabilidad de la unidad de producción. Los factores que determinan la calidad del calostro son: la concentración de inmunoglobulinas (específicamente IgG) y la presencia o ausencia de bacterias. Típicamente la calidad del calostro es expresada en términos de concentración de IgG. Sin embargo, los contaminantes como bacterias, sangre y remanentes de infecciones por mastitis (células somáticas, endotoxinas y residuos de antibiótico), también influyen de manera directa en su calidad.

La calidad de un calostro considerado apto para ser administrado al neonato, se puede ver comprometida durante su manejo (recolección, conservación y administración). A pesar de sus múltiples beneficios inmunológicos y nutricionales, la alimentación con calostro representa la primera oportunidad de exponer al becerro a agentes infecciosos. Dichos agentes pueden ser transmitidos directamente de la glándula mamaria, por contaminación durante y después de su obtención o por proliferación bacteriana del calostro almacenado en forma inadecuada. El primer punto de control para administrar calostro libre de contaminantes y poder minimizar los efectos negativos sobre su calidad, debe ser la prevención de contaminación durante su obtención, almacenamiento y administración. Durante su recolección, se debe mantener una limpieza y desinfección estricta de la glándula mamaria, pezones, manos del operario (uso de guantes), equipo de ordeño, contenedores de leche, así como cualquier otro utensilio empleado previo y durante el proceso de ordeño del

calostro; durante su evaluación, es importante lavar y desinfectar cualquier herramienta y contenedor que entre en contacto con el calostro. En cuanto a las estrategias de manejo para prevenir proliferación bacteriana en el calostro durante su almacenamiento, se incluyen la congelación, refrigeración y tratamiento térmico. Finalmente, el calostro debe ser administrado en contenedores previamente lavados y desinfectados que prevengan en la medida de los posible su contaminación durante su administración.

La concentración de IgG en el calostro es otro parámetro que se ha considerado tradicionalmente para evaluar su calidad, y la alta calidad se define como niveles de IgG superiores a 50 g/L. Se ha determinado que los niveles de IgG en calostro pueden variar drásticamente entre las vacas por causas multifactoriales como: el efecto de la raza, la cual puede deberse a causas genéticas y/o de dilución. La edad de la vaca, ha mostrado una tendencia en la cual, las vacas de mayor edad producen un calostro de mejor calidad, esto debido posiblemente a que los animales mayores, han tenido un período más prolongado de exposición a antígenos específicos dentro de la unidad de producción. Este efecto ha sido más representativo en vacas de más de tres partos. La relación entre la estación del año y la calidad o el volumen del calostro sigue sin estar bien definido, aunque se ha informado que la exposición a temperaturas ambientales altas durante el final de la gestación se asocia con una composición más deficiente de calostro, incluidas concentraciones medias más bajas de IgG e IgA. En general el efecto negativo del estrés calórico sobre la calidad del calostro puede estar asociado con una ingesta reducida de materia seca, baja calidad de forraje ingerido o un flujo sanguíneo mamario disminuido. El efecto de los programas de vacunación de vacas y vaquillas gestantes durante el inicio del período seco y período de transición, da como resultado un incremento en las concentraciones de anticuerpos específicos en el calostro. Asimismo, se ha indicado, que las vacas que producen menos de 8.5 kg de calostro durante el primer ordeño, tienen más probabilidades de producir calostros de alta calidad (> 50 g/l), en comparación a las vacas que producen más, esto atribuido a un efecto de dilución.

Tradicionalmente, se ha utilizado la evaluación visual como un indicativo de la calidad del calostro, con base en sus características organolépticas (color, apariencia y olor). El color normal del calostro debe ser amarillo claro a intenso. Los colores rojizos, rosados u obscuros se consideran anormales y deben desecharse por presencia de sangre, ya que pueden llegar a transmitir enfermedades de la madre a la cría. Con respecto a la apariencia, las muestras no deben contener tolondrones o grumos. En cuanto al olor, este debe ser similar al de la leche, en caso de detectar un olor fermentado, se recomienda desechar inmediatamente.

La evaluación visual del calostro, es una técnica práctica pero poco válida para la determinación de la calidad del calostro, dado que un calostro denso y cremoso puede simplemente ser indicativo de su alto contenido de grasa, sin tener relación directa con su contenido de inmunoglobulinas. Por lo tanto, es difícil predecir con base en parámetros visuales, que calostro recolectado será de alta o de baja calidad. Por lo anterior, se han diseñado diferentes metodologías que permiten la evaluación objetiva de la calidad del calostro ya sea de manera directa o indirecta. Sin embargo, no todas estas técnicas son propicias para su uso a nivel de campo. Las pruebas directas como la inmunodifusión radial (RID) miden con exactitud la concentración de inmunoglobulinas. A pesar de ello, su ejecución requiere de instalaciones especiales, además de 18 a 24 horas para poder obtener un resultado. Existen otras alternativas indirectas, que se pueden emplear en campo, como el calostrómetro y el refractómetro de grados Brix, para la determinación de la calidad de calostro a partir de la correlación que existe entre la gravedad específica y el contenido de inmunoglobulinas en la muestra.

Bibliografía.

1. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum Management for Dairy Calves. Veterinary Clinics: Food Animal Practice. 2019 Nov 1; 35(3):535–56.
2. Smith BP. Large Animal Internal Medicine. Edición: 5. St. Louis, Mo: Mosby-Year Book; 2014.
3. Stewart S, Godden S, Bey R, Rapnicki P, Fetrow J, Farnsworth R, et al. Preventing Bacterial Contamination and Proliferation During the Harvest, Storage, and Feeding of Fresh Bovine Colostrum. Journal of dairy science. 2005 Aug 1;88:2571–8.

4. Furman-Fratczak K, Rzasa A, Stefaniak T. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. Journal of Dairy Science. 2011 Nov 1 ;94(11):5536–43.
5. Hernandez D, Nydam DV, Godden SM, Bristol LS, Kryzer A, Ranum J, et al. Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. Vet J. 2016 May;211:82–7.
6. Elsohaby I, McClure JT, Keefe GP. Evaluation of digital and optical refractometers for assessing failure of transfer of passive immunity in dairy calves. J Vet Intern Med. 2015 Apr;29(2):721–6.

PERSPECTIVAS DE LA GANADERÍA PARA EL 2050

Posadas. E. M., Caballero. M. A.Y

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el siglo XXI se enfrenta a un gran reto: producir más alimentos con el fin de alimentar a una población creciente a menores costos y que dichos alimentos tengan características como; valor nutricional, sanos, inocuos y disponibles en todo momento.
La FAO estima que en 2050 se necesitará un 60 % más de alimentos y la principal problemática es que la industria alimentaria mundial deberá producir con cada vez menos agua, terreno y biodiversidad.

DESARROLLO

En el mundo somos 7.9 billones de personas y "todos" comemos tres veces al día. En México somos 131,23 millones. (*Statista. 2023*).

En UN DÍA, en el planeta se comen:

- Aprox. 1500 millones de pollos
- Aprox. 400 millones de cerdos
- **Aprox. 130 millones de reses**
- Aprox. 70 millones de ovejas
- casi 20 millones de cabras
- Aprox. 10 millones de patos

- Se beberán 800 millones de litros de leche
- Se comerán 10,500 millones de huevos de gallina
- Más los millones de frutas y verduras

Entonces nos preguntamos…
¿Hay suficiente alimento para todos?
¿Se logrará cubrir las necesidades de alimentos en 10 años? ¿En 20 años?¿En 50?...
¿México cubre actualmente y logrará cubrir dichas necesidades?...



Fuente: AMEXFAL Noticias. 2021

El mundo está al borde de una crisis alimentaria, con un número creciente de personas que han padecido hambre e inseguridad alimentaria incluso antes de la pandemia de COVID-19 (*FAO, 2022*).

Los sistemas mundiales de abastecimiento de alimentos se vieron parcialmente socavados por una progresiva combinación de crecientes conflictos políticos, crisis climáticas y mayores desigualdades.La **pandemia por COVID-19**, agravó la situación, con repercusiones en:

- Las tasas de crecimiento del PIB.
- La desigualdad de ingresos.
- Las tasas de pobreza…**No se absorberá completamente para 2050** → Niveles más elevados de desigualdad en el acceso a los alimentos.

Al mismo tiempo, la capacidad de respuesta de los gobiernos se ve limitada por sus propios problemas económicos -depreciación de la moneda, inflación, problemas de endeudamiento- mientras aumenta la amenaza de recesión mundial.

Se prevé que la población mundial será de:

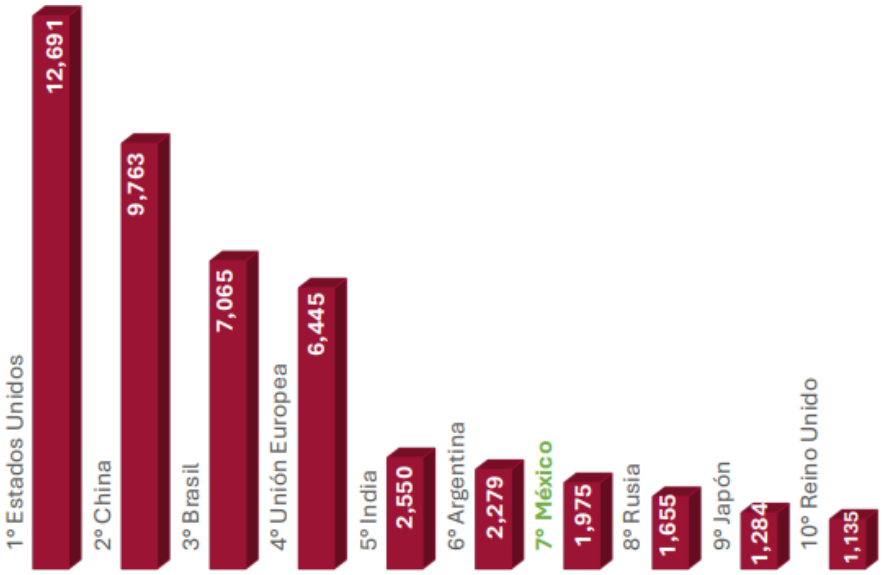
- **8.500 millones de personas en 2030**
- **9.700 millones de personas en 2050**
- **11.200 millones de personas en 2100 (***ONU. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales***).**

¿Cuál es el camino para lograr un mundo libre de hambre y desnutrición? ¿Cómo cumplir los Objetivos de desarrollo sostenible en las áreas que como Médicos Veterinarios Zootecnistas y carreras afines nos involucran?



CARNE DE BOVINO PANORAMA MUNDIAL

México es el séptimo consumidor de carne de res en el mundo, por debajo de países como Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea, India y Argentina.

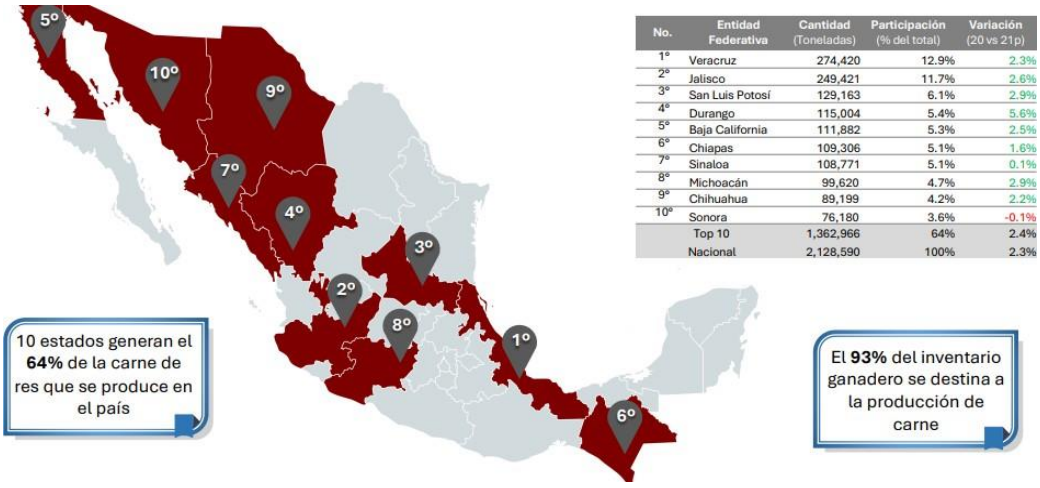


Fuente: USDA, COMECARNE 2021

PANORAMA NACIONAL

En 2021, México produjo 7.6 millones de toneladas de carne, de dicha cantidad el 22% corresponde directamente a carne de bovino.
A su vez en ese mismo año, México consumió 9.5 millones de toneladas de carne, de la cual, el 21% correspondió al consumo de carne de bovino.
En promedio, un Mexicano consume 1.27 kilos de carne de bovino al mes. (*COMECARNE, SIAP*).

El 64% de la producción de carne de bovino en México se concentra principalmente en 10 estados, los principales siendo Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí.



No.	Entidad Federativa	Cantidad (Toneladas)	Participación (% del total)	Variación (20 vs 21p)
1º	Veracruz	274,420	12.9%	2.3%
2º	Jalisco	249,421	11.7%	2.6%
3º	San Luis Potosí	129,163	6.1%	2.9%
4º	Durango	115,004	5.4%	5.6%
5º	Baja California	111,882	5.3%	2.5%
6º	Chiapas	109,306	5.1%	1.6%
7º	Sinaloa	108,771	5.1%	0.1%
8º	Michoacán	99,620	4.7%	2.9%
9º	Chihuahua	89,199	4.2%	2.2%
10º	Sonora	76,180	3.6%	-0.1%
	Top 10	1,362,966	64%	2.4%
	Nacional	2,128,590	100%	2.3%

Fuente: USDA, COMECARNE, 2021

En 2021, México exportó 574 mil toneladas de carne de bovino a 29 países e importó 2.5 millones de toneladas desde 14 países diferentes.Los principales socios comerciales de México, como destino de exportaciones son; Estados Unidos, Japón, China y Corea del Sur y como origen

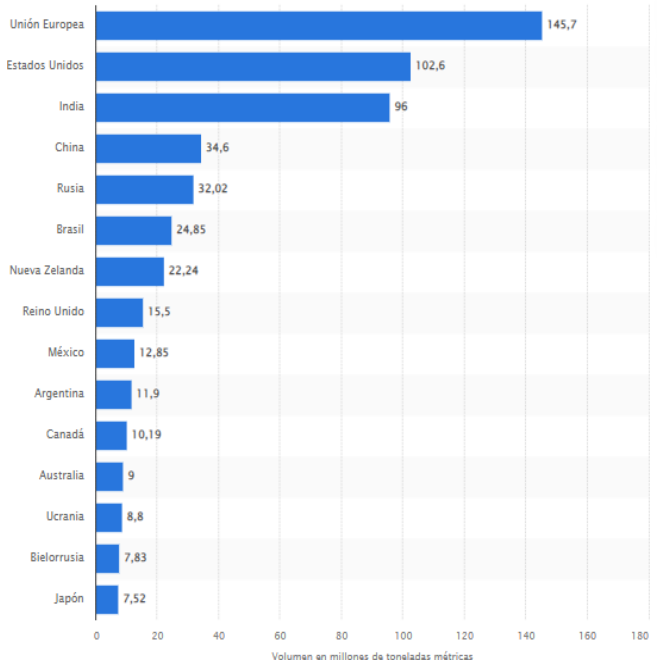
de importaciones son; Estados Unidos, Canadá, Brasil y Chile.



Fuente: USDA, COMECARNE 2021

LECHE DE BOVINO PANORAMA MUNDIAL

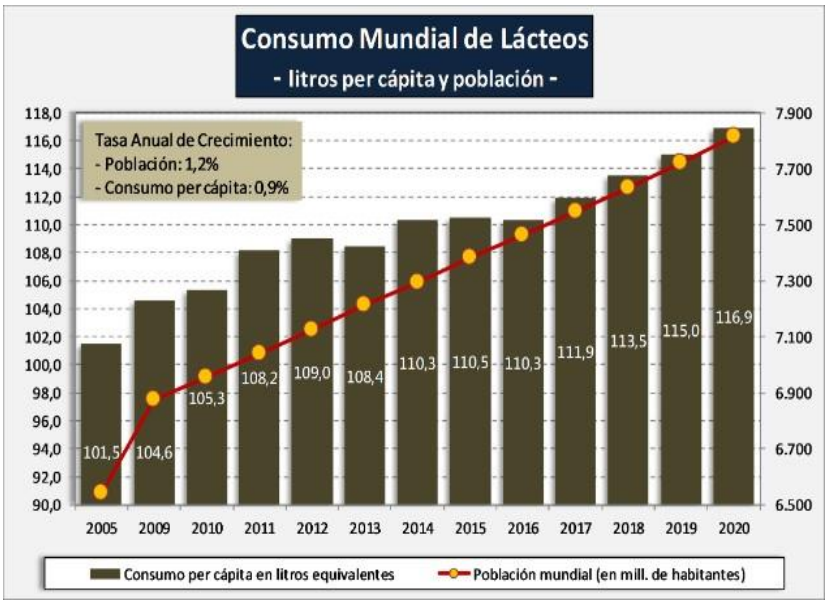
Durante 2021, México se posicionó como el noveno lugar en la producción mundial de leche de bovino, por debajo de la Unión Europea, Estados Unidos, India, China, Rusia, Brasil, Nueva Zelanda y Reino Unido. Siendo este producto el número uno en la producción mundial entre diferentes tipos de leche (de diferentes especies), con una representación de 80.8% del total.



Fuente: Sector lácteo, 2022.

A su vez, en 2021 se consumió en el mundo una media de aproximadamente 29,5 kilogramos de leche por persona.
El consumo mundial de leche per cápita presenta un promedio por debajo de la recomendación FAO-OMS: 500 mililitros diarios o 180 litros por año.
En Europa superan los 300 litros/ persona/año.

Países desarrollados en promedio consumen 240 litros y los países en desarrollo 80 litros por persona/por año.



Fuente: Situación de la Lechería Mundial durante el año 2020. Informe 17/1/2022

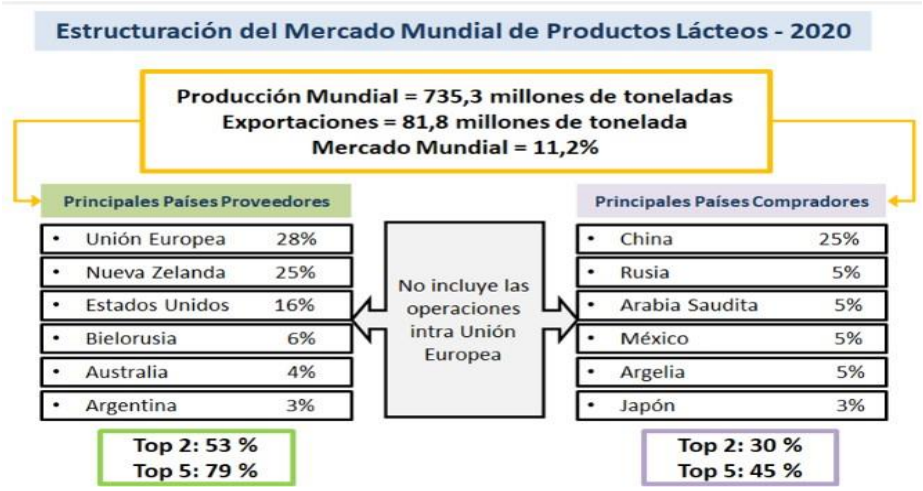
PANORAMA NACIONAL

En 2021 el cierre estadístico de la producción de leche de bovino fue de 12,851659.054 miles de litros con un valor de la producción de $90,823,824.400 miles de pesos.

Los principales 4 estados productores de leche encargados de más de la mitad de la producción nacional son; Jalisco (21%), Coahuila (11.3%), Durango (11.2%) y Chihuahua (9.4%).

De acuerdo con cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP): En México, el consumo per cápita es de 124.3 litros. (Debajo de los niveles recomendados por la FAO).

En 2021, las importaciones de leche de bovino a México fueron de 3 mil 827 millones de litros, mientras las exportaciones desde México a diferentes países fue de 225 millones de litros. (*SIAP, 2022*)
El país realiza un significativo intercambio comercial de leche industrializada, principalmente en su presentación en polvo.



Situación de la Lechería Mundial durante el año 2020. Informe 17/1/2022

¿QUIÉNES SON LOS ENCARGADOS DE PRODUCIR TODOS ESOS ALIMENTOS?
GANADEROS, MÉDICOS VETERINARIOS ZOOTECNISTAS Y PROFESIONES AFINES AL SECTOR AGROPECUARIO.

¿CÚAL ES EL CAMINO PARA LOGRAR CUBRIR LAS NECESIDADES DE ALIMENTOS EN 25, 30, 50 AÑOS?

Es sumamente importante cuestionar las siguientes situaciones:

- Las instituciones de gobierno cuentan con las políticas públicas adecuadas para apoyar/solucionar las necesidades existentes?
- Las uniones ganaderas, asociaciones ganaderas y Comités de Fomento Agropecuario ¿Están cumpliendo con sus objetivos y misiones dentro de sus organizaciones?
- Las facultades y escuelas de Medicina Veterinaria y Zootecnia ¿Están formando MVZ´s suficientemente preparados para afrontar los retos del campo mexicano?
- ¿Realmente, el gremio está contribuyendo a la problemática nacional y mundial?
- ¿Realmente se fomenta un nivel de consumo moderado, con menos desperdicio de alimentos?
- ¿Qué es lo que puedo YO hacer y/o aportar, para formar parte de la solución a todos los conflictos y necesidades nacionales y mundiales?

Hoy más que nunca, tenemos que unirnos, sumar esfuerzos para seguir fomentando la producción de alimentos de origen animal en beneficio de la sociedad mexicana y mundial.

CONCLUSIÓN

El hambre NO se erradicará para 2050, si no se adoptan medidas audaces para acelerar el progreso, en particular para hacer frente a la desigualdad en el acceso a los alimentos.
Ante esta crisis mundial, es urgente que la comunidad internacional actue en conjunto y de inmediato para evitar una emergencia alimentaria devastadora y los disturbios sociales, económicos y políticos que se podrían provocar.

BIBLIOGRAFÍA

- *FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2022. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. Roma, FAO. https://doi.org/10.4060/cc0640es.*
- *Consejo Mexicano de la Carne. 2022. Compendio estadístico 2022. México. https://comecarne.org/wp-content/uploads/2022/05/compendio_estadistico_2022.pdf*
- *FAO. 2009.La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Foro de expertos de alto nivel. Roma, FAO. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf*
- *Cruz. J. 2021. Perspectivas a corto y medio plazo de la producción y el comercio de carne en México. Una visión estratégica para el futuro de su empresa. EUROCARNE.*
- *FAO, FIDA, OPS, PMA y UNICEF. 2023. Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional - América Latina y el Caribe 2022: hacia una mejor asequibilidad de las dietas saludables. Santiago de Chile. https://doi.org/10.4060/cc3859es*
- *FAO, ONU. ODS. 2023.* Informe mundial sobre las crisis alimentarias: En 2022, el número de personas en situación de inseguridad alimentaria aguda aumentó hasta los 258 millones en 58 países.Roma/Nueva York/Washington, D.C

USO DE LA SOLUCIÓN ELECTROLIZADA DE SUPEROXIDACIÓN CON PH NEUTRO (SES) APLICADA EN EL CONTROL DE LA MASTITIS EN LA INDUSTRIA LECHERA.

Ponentes
MVZ. David Páez Esquiliano
Responsable de Investigación Agroveterinaria Esteripharma®

MVZ. Sandra Martínez Vidal
Gerente Técnico de Esteripharma®

Esteripharma® es una empresa mexicana que elabora y comercializa innovadores antisépticos, sanitizantes y desinfectantes que eliminan de forma efectiva y segura, el 99.999% de microorganismos patógenos como bacterias, virus, hongos, esporas, levaduras y protozoarios presentes en superficies, equipos y ambiente.
Su ingrediente activo son las especies activas de cloro y oxígeno, entre las que destaca el ácido hipocloroso que es el mismo que se forma en el sistema inmune de animales y humanos para su defensa.
Gracias a nuestro proceso patentado de elaboración, es posible controlar el principio activo de la solución en diferentes concentraciones.

La SES son:

- ✓ Bactericidas.
- ✓ Inactivantes de virus.
- ✓ Fungicidas.
- ✓ Esporicidas.
- ✓ Inactivantes de aflatoxinas.
- ✓ Totalmente inocuas para las células de los animales y los seres humanos.

El **mecanismo de acción de las SES** en los virus, se reporta por la precipitación de las proteínas en la envoltura y en la cápside, alterando los ácidos nucleicos disminuyendo su replicación y/o su viabilidad.

Todos los que se dedican a la producción láctea, conocen muy bien lo que es y lo que representa la mastitis subclínica en el aspecto de costos de “producción” Si a esto le añadimos los costos por compra de antibióticos, analgésicos y antiinflamatorios y el retiro de la vaca o del cuarto de la línea de producción el negocio **se torna un caos**.
La mastitis bovina es una enfermedad infecto-contagiosa de la glándula mamaria, en la cual la inflamación se produce como respuesta a la invasión, a través del canal del pezón, por diferentes tipos de bacterias, mycoplasmas, hongos, levaduras y hasta algunos virus.

Características de la mastitis subclínica.

- ✓ Se caracteriza por la disminución la calidad de la leche y en algunos casos puede disminuir la producción láctea.
- ✓ Presencia de carga bacteriana elevada.
- ✓ Aumento de células inflamatorias en la leche.

La producción se ve afectada por que la vaca reduce su producción hasta un 30% y las características de la leche no son adecuadas para su comercialización. Además si se aplican antibióticos de manera local y/o parenteral, es necesario sacar a la vaca de la línea de producción por un periodo de 3 a 5 días. **IMPACTO ECONÓMICO. En sistema intensivo en México, una vaca da hasta 27 litros de leche al día. En un tratamiento de 5 días más 5 de retiro se pierden en total 270 litros.**

VeteriBac® M es un antiséptico de uso intramamario, con amplio espectro de acción. Preventivo y coadyuvante en el tratamiento de mastitis subclínica.
Por su inocuidad, no requiere periodo de retiro y no genera resistencia bacteriana, favoreciendo la producción y rentabilidad en explotaciones lecheras.

- Amplio espectro de acción
- No requiere periodo de retiro
- No genera resistencia bacteriana
- Reduce el uso de antibióticos
- No genera mermas en la producción lechera
- De fácil aplicación
- No tóxico

Actúa por contacto directo sobre la membrana externa del patógeno inactivando así los ácidos nucleicos y desnaturalizando las proteínas lo que da como consecuencia la destrucción del patógeno. VeteriBac M es biocompatible, por lo que es completamente inocuo tanto para el trabajador como con los animales.

ESTUDIO DE EFECTIVIDAD - CONTROL Y TRATAMIENTO DE MASTITIS SUBCLÍNICA CON VETERIBAC M®
Se evaluó el desempeño de **VeteriBac M®** en el control de mastitis subclínica sobre una explotación de doble ordeña de ganado vacuno. El diagnóstico se realizó valorando la presencia de tolondrón o exudado al despuntar las ubres de 40 vacas.
Se registró el número de cuartos positivos a tolondrón y los animales se dividieron en dos grupos de tratamiento: **En uno se aplicó VeteriBac M®** (28 mL de SES al 0.002% de especies activas de cloro y oxígeno) **y en el otro grupo se aplicó antibioterapia** (10 mL, gentamicina 180 mg/neomicina 300 mg)
Los tratamientos se aplicaron **intramamarios, post – ordeña cada 12 horas durante 6 ordeñas continuas (3 días de tratamiento)**
Se registraron los cambios en cada cuarto tratado. También se analizó el número de vacas sanas y el tiempo en que se incorporaron a la línea de producción.
Resultados
VeteriBac M® fue igual de efectivo que la antibioterapia para controlar o erradicar la infección de cuartos. Cuantitativamente se observó menor número de cuartos infectados desde la segunda aplicación de **VeteriBac M® (Tabla 1)**

Tabla 1. EVOLUCIÓN DE CUARTOS INFECTADOS POR TIPO DE TRATAMIENTO

	Porcentaje y número de cuartos infectados, pre-tratamiento y posterior a cada aplicación						
TRATAMIENTO	Pre-	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
VETERIBAC® M	31 (100%)	31 (100%)	11 (35.5%)	6 (19.4%)	4 (12.9%)	3 (9.7%)	2 (6.5%)
Antibiótico	25 (100%)	25 (100%)	15 (60%)	9 (36%)	4 (16%)	2 (8%)	2 (8%)
Probabilidad (P)	ND	ND	0.067	0.16	0.74	0.83	0.82

Análisis estadístico por prueba de chi-cuadrada. $P < 0.05$ se consideró significativo.

Sin embargo, al analizar el número potencial de litros de leche perdidos en la cadena productiva, es clara la superioridad de **VeteriBac M®** sobre la terapia convencional con antibióticos, puesto que no requiere tiempo de retiro y la vaca puede incorporarse de forma inmediata a la línea de ordeña **(Tabla 2)**

Tabla 2. ANÁLISIS DE LITROS DE LECHE PERDIDOS POR TIPO DE TRATAMIENTO

	Vacas fuera de la línea de producción por tiempo de retiro o periodo de tratamiento y litros perdidos por tipo de tratamiento		
TRATAMIENTO	Días 1-3 (tratamiento)	Días 1-5 (retiro)	Litros de leche perdidos*
VETERIBAC® M n = 20	0	0	0
Antibiótico n = 20	20	20	2,400 (Alto contenido de antibióticos)

*Considerando una producción promedio diaria de 15 litros de leche por vaca.

Implementar protocolos estrictos de bioseguridad es una estrategia de manejo que permite detener y abatir las enfermedades en las explotaciones lecheras. Esto incrementa la productividad y reduce pérdidas. Aumenta el ingreso económico con un bajo costo.

INMUNIZACIÓN DE VIRALES: ¿CÓMO SE HACE EN OTRAS PARTES DEL MUNDO?

Ponente: Héctor Santo-Tomás Delpón DVM CertAVP MRCVS

Se licenció en Veterinaria en 2007 por la Universidad de Zaragoza (España) y recibió un Certificado en Práctica Veterinaria Avanzada (Certificate in Advanced Veterinary Practice) a través de la Universidad de Liverpool y el Real Colegio de Cirujanos Veterinarios (RCVS, Reino Unido) en 2020.

Héctor ha trabajado como veterinario de rumiantes (vacuno de leche y de carne) por más de 11 años, con experiencia internacional en España, Reino Unido y voluntariados en África y América Latina. En su tiempo como veterinario en Reino Unido, fue además profesor asociado para alumnos de último año en veterinaria de la Universidad de Nottingham. También ha sido ponente en Congresos de Buiatría, en varios congresos internacionales y ha realizado publicaciones de artículos y posters en congresos y revistas especializadas en veterinaria de Reino Unido, España, Portugal, Namibia, México y Estados Unidos. Actualmente, es Gerente de Marca (Brand Manager) de la línea de productos reproductivos en bovinos en HIPRA y es Profesor Asociado en cursos de Máster de Medicina y Cirugía en Rumiantes en la Universidad Tecnológica (TECH).

BIOSEGURIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE GANADO LECHERO

MVZ MPA Miguel Ángel Quiroz Martínez

Resumen
La producción actual de ganado lechero requiere seguir una serie de acciones que permitan mantener al ganado en las mejores condiciones posibles, en un ambiente de confort, libres de estrés y sin la presencia de enfermedades.
A lo largo del tiempo se han descrito numerosas actividades orientadas a prevenir enfermedades, muchas de ellas se describen en los manuales de buenas prácticas para la producción ya sea de leche o bien de carne.
De manera reciente, estas medidas se han descrito con el nombre de bioseguridad, nombre que deriva de lo que se hace en otras especies productivas como aves y porcinos conocidas como el HACCP, que significa análisis de riesgos y control de puntos críticos. Bioseguridad es un término que se incluye las buenas prácticas de producción, entre las que se encuentra el manejo que se realiza para controlar, pero sobre todo prevenir las enfermedades que afectan la salud de los bovinos y la salud pública. Las prácticas recomendadas para mantener una buena salud del hato incluyen un ambiente limpio y confortable, un programa adecuado de nutrición, de desparasitación y muy importante uno de vacunación.
El no seguir estos lineamientos, puede ocasionar severas pérdidas económicas y llevar a un desastre económico. Sin embargo, cada unidad de producción pecuaria tiene sus particularidades y un programa no necesariamente aplica para todos los casos, por lo que cada unidad deberá ser analizada por un médico veterinario especialista junto con el propietario, para establecer qué medidas de bioseguridad se deben aplicar en ese sitio.

Bioseguridad

La bioseguridad es un término que comprende las buenas prácticas de manejo que se realizan para controlar y prevenir las enfermedades que afectan la salud pública y animal o bien se define como todas las medidas zoosanitarias que evitan la introducción y difusión de las enfermedades en un hato ganadero.

Las medidas de bioseguridad son comunes para muchas de las diferentes unidades de producción pecuarias en todas las producciones de ganado bovino (carne, leche, doble propósito o pie de cría) y tienen por objetivo impedir que los animales se enfermen mediante el establecimiento de programas de vacunación, desparasitación interna y externa, higiene, desinfección y desparasitación, entre otras, para así incrementar la producción de carne y leche evitando la transmisión de enfermedades por el consumo de alimentos contaminados.
La aplicación de las medidas de bioseguridad debe estar sustentada en un sencillo análisis costo /beneficio, es decir, el ganadero debe tomar en cuenta el impacto económico que representaría la presencia de una enfermedad o de una muerte contra el costo que implica el establecimiento de las medidas de bioseguridad que, por lo general, tiene resultados contundentes a su favor, ya que al aplicarlas se reducen muchísimos problemas de salud del ganado.

Objetivo

Reducir la presencia y la diseminación de enfermedades peligrosas para el ganado.
Minimizar el riesgo de diseminar enfermedades peligrosas para la salud humana.
Proteger a todos los trabajadores de la unidad de producción del contagio de enfermedades zoonóticas.
Identificar y controlar los puntos por donde pueden ingresar amenazas a la unidad de producción.

Acciones

Es de suma importancia llevar registros relacionados con el estado de salud del ganado, que incluyan las vacunas que se utilizan, qué enfermedades se han presentado, cuándo, bajo qué circunstancias, etc. y cómo se han controlado. Esta información permitirá al médico veterinario diseñar de la mejor manera un programa de bioseguridad acorde a esa unidad de producción en particular.

Introducción de animales ajenos a la unidad de producción. Esta es una práctica considerada de alto riesgo para la introducción de enfermedades ya que la mayoría de las veces desconocemos qué agentes infecciosos pueden traer y diseminar entre nuestra población. Aun cuando se trate de un proveedor confiable, no hay que soslayar el riesgo que se corre.

a. Medidas para reducir el riego de introducir animales externos

-Evaluación física a la llegada de los animales. Identificación y apertura de registro.
-Revisar vigencia del certificado de hato libre del proveedor.
-Cuarentena: es una práctica imprescindible para reducir o controlar estos riesgos. Debe existir un área en la unidad de producción que garantice el correcto aislamiento de estos animales de nuevo ingreso. Debe durar al menos 8 días y durante esta cuarentena se debe constatar la salud de ellos mediante pruebas diagnósticas serológicas para enfermedades de riesgo, como brucelosis y tuberculosis. Por esto, es muy importante el asesoramiento de un médico veterinario.

b. Medidas de higiene para reducir el riesgo de introducción de enfermedades

El personal debe tener una vestimenta específica para laborar en la unidad de producción, que incluya overol, botas de hule, mandil, guantes, cubrebocas, etc.
Los trabajadores y el médico veterinario siempre deben utilizar guantes desechables.
Cada visitante deberá utilizar vestimenta desechable o bien ropa limpia y exclusiva para usarse en esa unidad de producción.
Deberá contar con áreas de desinfección para el personal a la entrada, así como vados sanitarios y desinfección de vehículos ajenos que ingresen.
Evitar que visitantes o vendedores entren en contacto con los animales.
Llevar un registro de visitantes.

c. Control de plagas

Es bien conocido que muchas de las plagas se consideran fenómenos biológicos causados por el hombre. Es importante detectar las plagas y establecer medidas de control para reducir su impacto en la salud del ganado.
Entre las principales plagas se encuentran:
Roedores.- Pueden transmitir enfermedades al ganado, además de causar mermas importantes en los alimentos.
Moscas.-Ocasionan pérdidas productivas en el ganado debido al estrés que provocan en el ganado. Además, también pueden diseminar algunas enfermedades. Se deben combatir en 3 niveles: instalaciones, animales y estercoleros.
Garrapatas.- No suelen ser problemas serios en establos lecheros pero si están presentes deberán ser controladas de manera adecuada.
Perros.- Hoy se sabe que pueden transmitir enfermedades peligrosas como la Neosporosis al ganado, por lo que no se recomienda tenerlos en las unidades de producción lecheras, lo que en muchas ocasiones no es sencillo. En todo caso, deben estar vacunados y debe evitarse que se coman desperdicios como placentas, fetos abortados o cualquier otro residuo orgánico, para evitar que estos se enfermen.

d. Programa de vacunación

Tener ganado sano para que tenga un buen nivel de inmunidad, garantiza una óptima respuesta a la vacunación.
Bajo la asesoría de un médico veterinario, establecer el calendario de vacunación acorde a las enfermedades de riesgo para la región. Determinar la secuencia y la frecuencia con la que se irá inmunizando al ganado, así como las vacunas que se van a utilizar, si serán de virus inactivados o virus activos. Asimismo, las combinaciones de antígenos que tengan las vacunas. Deben ser aplicadas por el médico veterinario. Siempre se deberá utilizar una aguja desechable por animal.
Desparasitación. El ganado que tiene controlada la parasitosis tendrá una mejor respuesta productiva y una buena respuesta inmune. Se recomienda hacer un análisis coproparasitoscópico de una muestra representativa para conocer los parásitos presentes, el número de huevos por gramo de heces y así seleccionar el producto y la frecuencia con que se hará la desparasitación.

Suplementación.- aunque es una acción indirecta de la bioseguridad, el ganado que llena sus requerimientos de vitaminas y minerales estará menos expuesto a enfermarse y tendrá un sistema inmune más competente que le dará una mejor respuesta a la vacunación.
Reducir dentro de lo posible el cambio de corrales de las vacas o becerros, ya que este cambio les genera estrés al integrarse a esta nueva micropoblación. De igual forma, evitar la sobrepoblación en los corrales.
Área de enfermería.- la unidad de producción deberá contar con un área especial para el aislamiento de animales enfermos, para reducir el riesgo de brotes o contagios en los demás animales, en lo que se hace el diagnóstico y se establecen las medidas de control apropiados.
Agua de bebida.- siempre se deberá proveer al ganado de agua limpia, fresca y suficiente. Si el agua esta sucia o en malas condiciones el ganado reduce mucho su consumo y por lo tanto reduce su productividad, además de que puede ser fuente de contagio de enfermedades como la leptospirosis. Se puede hacer un análisis para conocer la calidad del agua y en su caso, establecer medidas para purificarla, como la potabilización del agua
Camas o echaderos.- deben estar provistos de materiales que provean confort y al mismo tiempo sean fáciles de limpiar o desinfectar. Hoy en día están disponibles materiales como colchones de hule que cumplen ambas funciones.
Almacén de alimentos.- se debe asegurar que estén correctamente ventilados y sin humedad, para reducir el riesgo de que se desarrollen hongos productores de micotoxinas.
Evitar el préstamo de maquinaria, como tractores a otras unidades de producción. Tampoco se deberán prestar animales a otros productores ya que conlleva a un alto riesgo de introducir enfermedades.
Eliminación de residuos peligrosos.- es una práctica que se debe seguir de acuerdo a lineamientos ya establecidos por las autoridades, como es la disposición de agujas, punzocortantes, frascos vacíos de medicamentos, de desparasitantes, insecticidas, etc.
Con respecto a residuos orgánicos como fetos abortados, placentas, animales muertos, lo ideal es enterrarlos mediante el uso de maquinaria especializada, lejos de fuentes de agua. La práctica de incinerar los restos también es aceptable pero no es nada sencilla. Se estima que para incinerar una vaca de 500kg de peso se requiere más de una tonelada de leña, por lo cual muchas veces resulta impráctico.
Aislamiento de la unidad de producción.- cuando sea posible, es conveniente que el lugar esté completamente cercado o bardeado, para evitar el ingreso de animales externos como perros o fauna silvestre.
El reporte oportuno de animales enfermos al médico veterinario permite diagnosticar y controlar las enfermedades lo más rápidamente posible aumentando las posibilidades de llegar al restablecimiento de la salud.

e. Reducción del estrés.- el ganado debe ser manejado de la mejor manera posible, sin gritos, ni golpes. El ganado al igual que muchos otros animales, pasa por una etapa de aprendizaje, por lo que hay que ser pacientes, enseñarles la rutina y evitar el estrés. Se sabe que el ganado que está en condiciones de confort se enferma menos y produce más.

f. Sombreaderos.- Siempre se debe contar con ellos ya que reducen la exposición al sol, que cada vez es más intensa, de manera que deben ser suficientes y con la orientación correcta para reducir la radicación solar de manera eficiente.

g. Cuidado de los becerros recién nacidos
Los becerros representan el futuro de la unidad de producción por lo que se debe tener especial cuidad con ellos ya que son los más delicados en la cadena de producción.
Parideros.- Deben ser áreas o corrales especiales, provistas de cama limpia y debidamente desinfectados. Ubicados en una zona de fácil acceso a la supervisión.
Desinfección del ombligo.- Debe hacerse lo más pronto posible sumergiendo el cordón umbilical en una solución de clorhexidina o de yodo al 7%
Administración de calostro.- Se deberá supervisar la administración de calostro para que sea antes de las 4 primeras horas de vida, en una cantidad aproximada de 4 litros, con calostro de alta calidad y proveniente de madres libres de enfermedades como brucelosis y tuberculosis.

Pasteurización del calostro.- En la actualidad cualquier unidad de producción lechera deberá contar con una pasteurizadora de calostro para asegurar que no se transmitan enfermedades indeseables al ser utilizado ya sea con fines de inmunización o bien como alimento para los becerros.

h) Personal de apoyo. Los trabajadores representan una pieza muy importante en el establecimiento de programas de bioseguridad ya que muchas veces dependemos de ellos para su correcta aplicación, por lo que se sugiere:
-Realizar cursos de capacitación para el personal en los que se describa claramente qué es lo que se espera de ellos, además de adiestrarlos correctamente para el desempeño de esa función o funciones.
-Darles incentivos o premios de acuerdo con la labor realizada, por ejemplo, el reporte rápido de una vaca con mastitis o de un animal enfermo o sospechoso.
-Involucrarlos en otras actividades lúdicas, darles un sentido de pertenencia.
-Proveerlos de baños y sanitarios en buenas condiciones.
-Supervisión continua de ellos para la detección de vicios o malos hábitos. Considerar que un trabajador a disgusto puede llevar al fracaso algunas de estas medidas de bioseguridad.

LITERATURA CONSULTADA

- Ávila GJ. Bioseguridad en explotaciones lecheras y de carne. Memorias del XXVII Congreso Nacional de Buiatría; 2005. Agosto 11-13; Puebla (Puebla) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2005:107-115.
- Ávila GJ, Cruz HGE, Mena STR. Programa zoosanitario en bovinos Lecheros. 2012.
- An Introduction to Infectous Disease Control on Farms (Biosecurity). A Bovine Alliance on Management and Nutrition Publication. 2000.
- Callejo R.A. Bioseguridad en las granjas de vacunos de leche. Ed Servet, España, 2016
- Cano C.P. Bioseguridad en explotaciones de bovinos. FMVZ, UNAM. México, 2001.
- Biosecurity tips on cattle farms. Lab. Hipra
- Crianza de Becerras. Capítulo V. Sistemas de Producción Animal I. Volumen 1. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. 2004.
- Jonh V. Thomson DVM, Implementos de bioseguridad en hatos lecheros y carne. The Bovine Proceedings No 30 Sep. / 1997 pág 8 – 14.
- Manual de buenas prácticas pecuarias en el sistema de producción de ganado productor de carne en confinamiento. SAGARPA-SENASICA.
- Manual de Buenas Prácticas en la Producción Primaria de Ganado Bovino de Carne, Servicio Nacional de Salud Animal, dirección de operaciones, Unidad de gestión de la calidad. Julio 2011.

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PROGRAMA INTEGRAL EN SANIDAD DE BOVINOS EN EL TRÓPICO.

Dr. Raymundo Salvador Gudiño Escandón.

Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas del Estado de Veracruz. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

1.- Introducción

Las exigencias que imponen los mercados a la producción pecuaria son diversas y complejas, en donde actualmente en primera instancia se centran en la inocuidad alimentaria, sin dejar de lado lo relacionado al cuidado del medio ambiente y al bienestar animal en forma sustentable. El cumplimiento de estas exigencias permite el éxito de la producción ganadera. Es importante observar como el cambio climático está impactando de manera dramática a la ganadería a nivel mundial. En América Latina la variación de temperatura ha afectado en forma negativa a ecosistemas frágiles y sensibles y su capacidad para almacenar agua y brindar otros servicios ambientales. Su reducción tiene también implicaciones perdurables y dominantes para las actividades económicas que se desarrollan. Ante esa circunstancia ECOPAR, (2013), menciona que es importante reforzar la resiliencia de los ecosistemas y economías locales ante los impactos del cambio climático.

Las infecciones en el ganado bovino son producto de un desequilibrio en el ambiente, agentes infecciosos y los mecanismos de defensa inmunológica en el animal. Factores como la humedad, cambios bruscos de temperatura, lluvias, vientos fuertes, heladas, calor extremo, disminución en la disponibilidad del agua o alimento, así como el mal manejo de los animales dentro del hato, pueden generar estrés, predisponer a infecciones o desencadenar una gran cantidad de padecimientos como abortos y cuadros de mastitis, entre otros. Las malas prácticas dentro del hato, así como el abuso en la utilización de desparasitantes y antimicrobianos para el tratamiento de algunas parasitosis y males causados por bacterias, tienen un impacto negativo en los sistemas de producción, el ambiente y la salud de los animales.

Hablar de una sola salud, resume un concepto que conocemos desde hace más de un siglo: la sanidad animal, la salud de los seres humanos y de las plantas son interdependientes y se vinculan con los ecosistemas en los que viven. Se trata de un concepto que hemos diseñado e implementado como un enfoque de colaboración en el que participan la sociedad y los gobiernos, destinado a comprender, anticipar y abordar los riesgos para la salud mundial

2.- Una sola salud en cifras

De acuerdo con datos de OMSA (2023) hablar de una sola salud en cifras es referirse a la salud mundial, seguridad alimentaria, medio ambiente y aspectos económicos que están interrelacionados y afectan a todo el ecosistema en donde interviene el hombre.

a). Salud mundial

60 % de los agentes patógenos que causan enfermedades humanas tienen su origen en los animales domésticos o silvestres.

75 % de las enfermedades humanas infecciosas emergentes tienen un origen animal.

80 % de los agentes patógenos objeto de preocupación en términos de bioterrorismo se originan en los animales.

b). Seguridad alimentaria

Cada noche, unos **811 millones de personas** se acuestan teniendo hambre.

Con relación a datos de FAO (2011), se necesitará un **aumento del 70 %** de proteína animal para alimentar al mundo en 2050.

Mientras tanto, **más del 20 %** de las pérdidas de la producción animal mundial están relacionadas con las enfermedades animales.

c). Medio ambiente

Los seres humanos y el ganado tienen más probabilidades de entrar en contacto con los animales silvestres cuando se pierde **más del 25 %** de la cubierta forestal original. Algunos de estos contactos pueden aumentar la probabilidad de transmisión de enfermedades.
La acción humana ha alterado gravemente **el 75 %** de los entornos terrestres y **el 66 %** de los entornos marinos.

d). Economía
Las enfermedades animales representan una amenaza directa para los medios de subsistencia de las comunidades rurales que dependen de la producción ganadera.
Por otra parte, FAO, (2015) menciona qué, **más del 75 %** de los mil millones de personas que viven con menos de 2 dólares al día dependen de la agricultura y la ganadería de subsistencia para sobrevivir.

3.- Riesgos sanitarios mundiales y desafíos del mañana

Al respecto OMSA (2023), menciona que la pandemia del COVID-19, una crisis de salud humana derivada de un virus de posible origen animal puso de manifiesto la relevancia del concepto “Una salud” a la hora de comprender y afrontar los riesgos sanitarios mundiales. Utilizado a menudo en la coordinación de los esfuerzos multisectoriales de prevención, preparación y respuesta a las enfermedades zoonóticas (transmisibles de los animales a los humanos o viceversa), este concepto resulta esencial para el control de enfermedades zoonóticas prioritarias como la rabia, la influenza aviar o las fiebres hemorrágicas virales como el Ébola. Además, numerosos problemas transversales, como la resistencia a los antimicrobianos, la seguridad alimentaria, el cambio climático y la fragilidad de las infraestructuras sanitarias, deben pensarse desde una perspectiva multisectorial y multidisciplinaria, que garantiza el enfoque “Una salud”.

4.- Manejo sanitario en bovinos

Hablando específicamente de los animales, un plan de manejo Sanitario debe estar enfocado principalmente para el control, prevención y erradicación de las entidades que afectan los diferentes sistemas de producción ganadera y reforzar las medidas de manejo y diagnóstico, para disminuir los factores de riesgo que afectan la sanidad del ganado. Los esquemas de manejo, vacunación y desparasitación son generales y se deben adaptar e interpretar a cada predio o región en particular, ya que la epidemiología de una enfermedad varía de una región a otra e incluso entre predios.
En este estudio nos referiremos principalmente a la planeación estratégica de un programa integral en sanidad de bovinos de doble propósito que se desarrolla en el trópico de México. para esto primero describiremos las características de este sistema.

5.- Sistema de doble propósito

En México, las áreas tropicales, clasificadas como Trópico Seco (TS) y Trópico Húmedo (TH) son alrededor de 24 y 32 millones de hectáreas, respectivamente, y de éstas se utilizan para pastoreo más de 23 millones de hectáreas, que se estima producen alrededor del 80% del forraje de temporal del país y que son las que tienen, con mucho, el mayor potencial para aumentar aún su producción de alimentos para herbívoros. Allí existen más de 500 mil unidades de producción; más del 80% con menos de 30 vacas y se ubica cerca del 60% del pie de cría de bovinos en pastoreo del país; o sea, los productores cuentan con recursos financieros muy limitados, pero poseen una enorme riqueza en sus tierras y ganado. La productividad de los hatos está abajo del 50 % de su capacidad biológica. El sistema de producción de bovinos de doble propósito (DP) es el predominante en la región tropical húmeda de México (Gudiño, 2018).
Un volumen considerable de información referente al DP en la especie bovina ha sido publicado en el ámbito nacional, regional e inclusive internacional. Lo anterior, permite concluir que la información de más de 30 años conlleva hoy en día a saber que: (1] la estacionalidad en la producción como factor limitante, junto con la falta de registros únicos de cada animal de las características zootécnicas productivas y/o económicas, 2] la fertilidad es baja del orden del 40% al 50% 3] el mejoramiento genético, poco se realiza y es también poco documentado, 4] las estrategias de alimentación en épocas criticas sigue desatendidas y 5] en el aspecto de salud aún persiste el poco

entendimiento de las vacunaciones para prevención y/o control de las enfermedades reproductivas a pesar de la información técnico-científica y apoyos comerciales que se han llevado a cabo. En suma, no se lleva una estrategia de manejo zootécnico integral de los hatos (Gudiño, 2017). En lo que respecta específicamente al manejo sanitario:

a). – Manejo sanitario en ganado doble propósito.

En el doble propósito, una de las principales limitaciones de la producción de bovinos son los problemas relacionados a la salud, debido al desconocimiento (o conocimiento deficiente) de productores y técnicos en aspectos de prevención y control de las enfermedades (Díaz et al., 2018). Además de un manejo adecuado que incluya el control de enfermedades en vacas gestantes, en vaquillas, sementales (Abad et al., 2016) y terneras, así como al adquirir ganado, o cuando se realizan engordas en donde se incluya forraje de corte y se aumenta la densidad de cabezas por metro cuadrado o la carga animal en los potreros (Rodríguez et al., 2018), es fundamental implementar un plan de manejo de la medicina preventiva.

Es precisamente en este contexto que la vacunación contra enfermedades de alta incidencia y/o muy agresivas juega un papel fundamental. La aplicación de vacunas se debe hacer mediante un calendario que contemple la aplicación periódica de aquellas enfermedades que así lo requieren tomando en cuenta la época del año y la composición del hato.

Las enfermedades causadas por parásitos representan un problema para las unidades productivas (UPP´s), sin embargo, tal como Rodríguez et al. (2017) lo mencionan, al referirnos a problemas de sanidad del ganado, en particular al impacto de las enfermedades parasitarias a nivel país, el primer desafío es necesario llevar a cabo una estimación de la pérdida económica en la productividad debido a esta causa, ya que ello se relaciona con las áreas geográficas y sus respectivas condiciones climáticas, las prácticas de manejo y el tamaño y densidad del hato, así como por la amenaza de resistencia a los parasiticidas en varias poblaciones de endo y ectoparásitos del ganado. Se hace énfasis en la importancia que tiene prestar atención a la afectación por parásitos ya que puede llegar a ser tal que ocurra inviabilidad en la rentabilidad de una industria ganadera sin la adaptación de estrategias sostenibles e integradas de control de parásitos, pues las enfermedades parasitarias pueden dificultar el comercio internacional de ganado producido en México. Por lo anterior la pregunta obligada es:

b.- ¿Por qué el ganadero en sistema DP, no desarrolla un programa sanitario (desparasitación y vacunación) en su hato?

La importancia de un programa sanitario en las UPP´s en sistema doble propósito se fundamenta en la necesidad de buscar elevar la productividad del hato, evitando perdidas físicas y económicas por morbilidad y mortalidad de los semovientes, procurando el bienestar animal y producción de alimentos en forma inocua y sustentable.

La idiosincrasia del productor, aunada a la percepción de ver un programa de desparasitación y vacunación como gasto y no como inversión, son aspectos importantes para considerar en la planeación estratégica que los técnicos y extensionistas deben de tomar en consideración en un programa de asistencia técnica a desarrollar con los ganaderos. Esta planeación estratégica en lo que refiere al programa sanitario del hato, se debe realizar juntamente con el vaquero o encargado, el dueño y el técnico o extensionista asesor de la UPP; en la intensión de considerar la época del año en que mayormente se presenta las enfermedades en el área en cuestión, así como la prevalencia e incidencia y manejo que se realiza con los animales acorde con su etapa productiva. De esta forma se logra conjuntar la experiencia de campo (vaquero o responsable del hato) del propietario (ganadero inversionista) y técnico (asesor o extensionista) teniendo con esto la aplicación de los conocimientos obtenidos en la investigación en la solución de problemas. Por lo anterior mencionado, en el presente documento se diseña y analiza un calendario de desparasitación y de vacunación a manera de propuesta para contribuir a mejorar la rentabilidad de las empresas ganaderas de doble propósito en la zona tropical del centro del estado de Veracruz.

c.- Programa de vacunación en sistema doble propósito.

Los programas de vacunación varían entre las diferentes UPP, lo cual es influenciado por los patrones de enfermedades, la exposición a los patógenos, y el grado de estrés al que están sometidos los animales, especialmente en sistemas de producción intensiva. La vacunación es esencial en la instrumentación de un programa de salud del hato para la prevención de enfermedades. Sin embargo, la protección no es inmediata a la aplicación de una vacuna el sistema inmune requiere al menos de dos semanas para la preparación de los mecanismos celulares y/o

humorales que permitan la inducción de inmunidad protectora. Por otra parte, es necesario conocer que existen diferentes tipos de inmunógenos con características particulares (Waldner et al., 2008; Lombard et al, 2007). La práctica de la vacunación es una de las alternativas con mayor costo-beneficio, principalmente en aquellas unidades productivas o regiones en los cuales los índices de prevalencia son de moderados a altos o carentes de medidas de bioseguridad. No obstante la elaboración y justificación de la implementación de un calendario de vacunación, es una tarea compleja que como se mencionó anteriormente debe desarrollar el técnico , dueño de la empresa pecuaria (UPP) y el encargado en forma conjunta dado que implica no solo saber si el agente infeccioso está presente (endémico) en la UPP, sino también se deben de conocer aspectos fundamentales de la biología misma de la enfermedad, es decir la naturaleza del agente causal (Virus, Bacteria, Protozoario), características de la infección-enfermedad (aguda, latente, crónica, persistente), Hospedadores o animales susceptibles(vacas, aves, perros, etc..), modos de transmisión (directa, indirecta -insectos, utensilios) hasta la condición fisiológica del o los animales a vacunar.

1)- Puntos que considerar al elaborar un programa de vacunación en sistema doble propósito.

• Primeramente determinar contra que enfermedad se desea vacunar al hato. La elección de las vacunas a utilizar dependerá de las enfermedades que se presenten en la zona.

• Utilizar únicamente vacunas registradas ante la dependencia de gobierno responsable, que es SAGARPA en el caso de nuestro país.

• Aplicar las vacunas por la vía que recomiende el fabricante.

• Siempre almacenar adecuadamente las vacunas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

2)- Vacunas para la reproducción

Punto importante para obtener una mejor producción y productividad en los hatos DP es la aplicación de un correcto manejo sanitario, para las enfermedades que afectan la reproducción de ganado bovino, las cuales son uno de los factores en que los productores han puesto poco énfasis con pérdidas económicas sustanciales hasta la eliminación de animales con un gran potencial productivo. Al respecto, Romero, (2012) en una investigación realizada en el estado de Veracruz con el motivo de conocer la frecuencia con la que se presentan enfermedades relacionadas con el aborto encontró que la prevalencia a brucelosis fue de 0.2%, a Diarrea viral bovina 60.35%. a Rinotraqueítis Infecciosa Bovina 60.5% y Neosporosis 24.6%. y a pesar de esto los ganaderos no realizan vacunación y desparasitación en sus hatos para estas enfermedades. Es importante hacer llegar esta información a los productores, los cuales hoy en día no realizan vacunaciones y/o desparasitaciones calendarizadas en sus unidades productivas y cuando lo realizan solo vacunan para enfermedades como: Clostridiasis, Carbonosa, Derriengue y Complejo Respiratorio Bovino porque provocan muerte en los animales. A continuación, en el cuadro 1 se presenta las vacunas para enfermedades que afectan la reproducción y su costo en pesos moneda nacional (PMN).

Cuadro 1 Tipos de vacuna para enfermedades de la reproducción. (PMN)

ENFERMEDAD	TIPO	VÍA ADMINISTRACIÓN	RANGO COSTO / ANIMAL
1BR y DVB LEPTOSPIROSIS	VACUNA POLIVALENTE Virus vivo Virus Atenuado Bacterina	Subcutánea Intra nasal Intramuscular	$ 45.00 a $ 50.00
LEPTOSPIROSIS	BACTERINA	Intramuscular Subcutánea	$ 10.00
NEOSPOROSIS	MANEJO	NO EXISTE VACUNA	
BRUCELOSIS	Bacteria viva	Subcutánea	$ 8.00
TOTAL			$ 63.00 a $ 68.00

Fuente: Elaboración propia

d.- Parasitosis: pérdidas productivas e impacto económico

Los parásitos en los bovinos interfieren en la productividad y rentabilidad de las explotaciones ganaderas y lecheras en América Latina y en el mundo.

Hay claras evidencias que tanto los parásitos internos (nematodos gastrointestinales y pulmonares, Fasciola hepática) como los parásitos externos (garrapatas, ácaros de la sarna, mosca paletera, tórsalo, gusaneras y piojos) ocasionan mermas productivas importantes que resultan en pérdidas económicas para los ganaderos en general y los países en particular.

Al respecto, en un estudio realizado por Rodríguez et, al (2017) sobre Pérdidas económicas /anuales causadas por parásitos en bovinos en México. Encontró un estimado por pérdida anual en US $ 1.41 mil millones considerando una población bovina de 32.40 millones en 2013, la pérdida anual estimada fue de US$ 43.57 por animal. El costo por realizar diagnóstico de parásitos fluctúa 10-20 pesos mexicanos y la aplicación del desparasitante se encuentra en un rango de 10-30 pesos mexicanos de acuerdo con el parásito con el que se encuentra infestado el animal.

Por otra parte, La garrapata Boophilus microplus reclasificada como Rhipicephalus (Boophilus) microplus, es una de las plagas del ganado bovino más importantes en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Los efectos causados por las infestaciones representan uno de los principales problemas que repercuten la salud y productividad del ganado bovino en las regiones donde se distribuye este ectoparásito. Esta repercusión es causada principalmente: por los efectos directos en la producción y por la transmisión de patógenos como Babesia bigemina, B. bovis y Anaplasma marginale. Recientemente, se ha estimado que las pérdidas económicas anuales que producen las garrapatas RR. microplus a la ganadería bovina de México, es de 573.61 millones de dólares americanos (Rodríguez., *et al*, 2018). Con lo antes mencionado surge la siguiente pregunta

6.- ¿Cómo plantear al productor la importancia de realizar una PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PROGRAMA INTEGRAL EN SANIDAD DE BOVINOS EN EL TRÓPICO?

El productor a nivel tropical no tiene en su mentalidad el verse como un empresario, lo que provoca que no tenga una sistematización estratégica u administrativa en su UPP que este fundamentada en registros productivos y reproductivos que le permitan desarrollar una planeación disruptiva e innovadora. Por lo anterior es importante ubicarlo como el agente de cambio que con aplicación de tecnología llave en mano mejore la productividad con beneficio socioeconómico en su familia y empresa. Para esto es importante que tome en cuenta indicadores que le permita medir la eficiencia de su producción. Cuadro 2.

CUADRO 2. INDICADORES PRODUCTIVOS:
INDICADORES Y POTENCIAL DE LA GANADERIA DE LA REGION TROPICAL ZONA CENTRO.

INDICADORES	REAL	POTENCIAL
Periodo interparto	19 a 20 meses	14 a 15 meses
Número de partos durante vida productiva	3 partos / 8-8.5 años	5-6 partos /10 años
Edad al primer parto	3.5 a 4 años	2.5 años
Producción leche durante vida productiva	1,300-1,500 lts de leche para venta en 3 lactancias de 5 a 6 meses Promedio 3 litros	6,705- 9,450 litros de leche para venta en 5 lactancias de 7 a 9 meses Promedio 5 litros
Cosecha de becerros durante su vida productiva	480 -550 kg de carne por cosecha de 3 becerros	1,000-1,250 kg de carne procesada de 5 becerros

	destetados entre 7 y 9 meses de edad	destetados entre 7 y 9 meses de edad

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de estos indicadores, el ganadero en cuestión puede medir la eficiencia de su empresa en los productivo y reproductivo siendo esta una problemática que se potencializa con la presencia de las diferentes enfermedades que afectan a los bovinos en el sistema DP. Para que el productor tome acción en la solución de diferentes enfermedades es importante que conozca el significado de enfermad, salud y una sola salud este último mencionado anteriormente.

¿Qué es Salud?

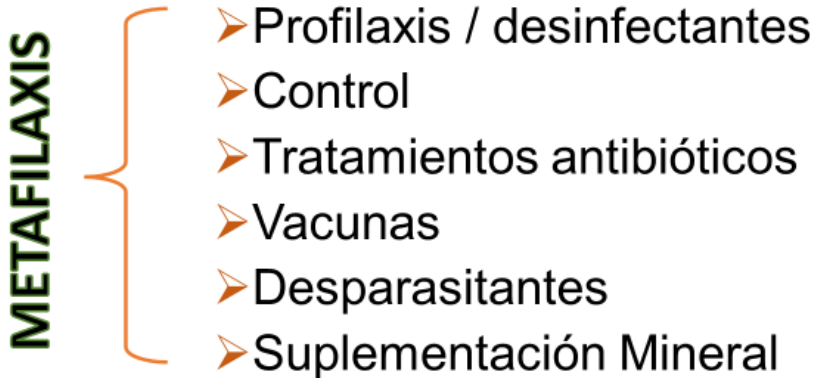
En un sentido estricto, se define salud como el estado en que el organismo ejerce normalmente todas sus funciones naturales. Así, en producción animal, el término nos refiere al **bienestar fisiológico de un animal.**

¿Qué es Enfermedad?

Alteración leve o grave del funcionamiento normal de un organismo o de alguna de sus partes debida a una causa interna o externa.

Una vez conocido estos conceptos es básico que también tenga conocimiento sobre la importancia de realizar la metafilaxia en las diferentes etapas productivas de su hato (Figura 1).

FIGURA 1. COMO CURAMOS ENFERMEDADES



Metafilaxia. - es la aplicación de un tratamiento en masa para prevenir un padecimiento o enfermedad.

Profilaxis. - Acciones para prevenir la aparición de una enfermedad o el surgimiento de una infección.

Partiendo del conocimiento y entendido este por el productor, a continuación se muestra:

7.- Costo/beneficio de establecer la planeación estratégica de un programa integral en sanidad de bovinos en el trópico

En conocimiento de estas acciones se proporciona al ganadero las recomendaciones sobre el diseño de un calendario de vacunación y desparasitación para la prevención de padecimientos, así como el uso responsable de productos farmacológicos para el tratamiento o control de enfermedades y de sustancias utilizadas para la desinfección de superficies, instalaciones y herramientas en las unidades de producción. Lo anterior potencializa sus resultados al desarrollarlo como un programa estratégico que conlleva trabajo integral en salud, alimentación, nutrición, reproducción, genética y comercialización.

1). - EN SALUD:

Que conozca las principales enfermedades y el efecto económico en su empresa

a). - Ecto y endoparásitos. Es importante tener conocimiento de los ecto y endoparásitos con los que convive el ganado, para lo cual se recomienda hacer un diagnóstico coproparasitoscópico en el 10% del hato acorde con su etapa productiva y potreros donde pastorea de no hacerlo tendrá:

Pérdida Económica por Endoparásitos:

DIRECTA: Muerte de adultos, crías o abortos

INDIRECTA: Disminución del crecimiento, Aumento del consumo de pienso, Vaquillas de menor tamaño. (Reproducción)**,** Defensas inmunitarias bajan (más infecciones)**,** Menor productividad. (baja leche y kg carne)**,** Menor rentabilidad de potreros, Menor precio de canales y pieles, Transmisión de enfermedades al hombre.

Pérdida Económica por ECTOPARASITOS

La pérdida económica por garrapatas ocasiona mermas importantes en la ganadería de América Latina, reducen índices productivos, afectan económicamente, muerte por enfermedades que transmiten. Cada garrapata adulta (Boophilus) es capaz de ovipositar hasta 4,500 huevecillos, en condiciones óptimas el 30% termina su ciclo como parásito, esto quiere decir que, de estos 4,500 huevecillos 1,350 serán adultos y parasitarán al ganado

Efectos económicos:

DIRECTOS: Sobre la ganancia de peso o de los animales. En el ganado de engorda, cada garrapata adulta repleta de sangre reduce la ganancia de peso, baja en la fertilidad, mayor tiempo de engorda, dificultad de exportación de razas mejoradas para encontrar calidad genética en áreas infestadas.

INDIRECTOS: Está dado por enfermedades que transmiten, y problemas de comercialización.

Pérdida Económica por Haemtobia irritans: Provocan alteraciones digestivas, bajan utilización de forraje y alimento, pérdidas de 1 litro de leche por día Produce mermas de 4 a 14%**.**

Efecto en incremento, peso corporal. Pérdida de peso 8-22%, en forma práctica hasta 10 kg/animal/ año, Disminuye eficiencia alimenticia, reduciendo ganancia de peso 3-16%, 7-8kg de peso por ternero destetado.

b), - Rabia paralítica bovina. (Derriengue).

Mejor conocida como Derriengue, es responsable por un gran número de muertes de ganado bovino, generando pérdidas económicas y merma de la economía de los productores por la falta de aplicación de la vacuna contra esta enfermedad; la cual presenta afectaciones por mordeduras de vampiros provocando pérdidas indirectas en producción de leche y carne, poniendo en riesgo el patrimonio de los productores. Las pérdidas económicas directas por la muerte de animales con rabia pueden ser erradicadas en un gran porcentaje mediante la vacunación de las poblaciones susceptibles y el equipamiento de las brigadas para el control del vampiro, lo cual debe ser considerado como una inversión.

Pérdida económica.

Para realizar la evaluación de la pérdida económica por rabia paralitica bovina en México en 2022, se analizaron datos estadísticos de las actividades de vigilancia epidemiológica, prevención y control de la dirección de campañas zoosanitarias (Senasica, 2022). El análisis en los 26 estados afectados mostro: 598 notificaciones atendidas, (310 en bovinos, que representan el 0.84% de los 70,881 animales en los predios con presencia de la enfermedad. Para el control de murciélago hematófago se realizaron 2585 operativos de captura, 740 fueron casos positivos y 1845 de monitoreo. De los 27,606,563 animales y 1,006,756 predios que existen en los 26 estados, el total de animales y predios vacunados casos positivos y preventivos) fue el 5.64% con una inversión de 60,443,105 PMN. Y 2.94% respectivamente. Se otorgaron 972 capacitaciones, con 9 asistentes promedio. El balance económico de la producción nacional para el desarrollo de la campaña muestra que: La inversión vacuna/animal fue de $38.80 PMN y por captura murciélago $6,880.45 PMN. La pérdida económica (precio en pie) que se pudo llegar a tener por muerte en los 70,881 animales en zona endémica es de $1,091,567,400 PMN; y la perdida directa que se tuvo por muerte (310) $4789,400 PMN. La inversión para la protección de los animales en riesgo (70,881) fue de $2,750,183 PMN y por 2581 capturas de murciélago fue de $17,758,441 PMN. La información analizada permite determinar que se debe potencializar la capacitación y que existe sub-notificación de casos, así como falta de coordinación entre los sectores implicados en la campaña, lo que provoca una subestimación de la magnitud de la presencia, incidencia e impacto económico de esta enfermedad.

c). – Clostridiosis.

Las enfermedades clostridiales son infecciones bacterianas y el efecto de sus toxinas, no contagiosas directamente, es preciso agrupar a estos padecimientos en un Complejo Clostridial, que

es un grupo de enfermedades del ganado bovino y otras especies animales, causadas por diversas especies del género Clostridium**.** Es una enfermedad presente en todo el mundo, y quizá una de las más dramáticas y devastadoras, aunque, por otro lado, también es uno de los procesos prevenibles, mediante el uso de bacterinas y toxoide. Con el costo por la muerte de un becerro de 200 kg año a precios actuales en el trópico 11,987.5 PMN, (0.45 USD) por animal, es posible inmunizar (vacunar y revacunar) a 600 bovinos. La única forma de controlar este problema es realizando la vacunación preventiva del mismo. Actualmente existen diferentes tipos de vacunas y laboratorios que las comercializan, vacunas muertas (bacterinas) monovalentes (un solo Clostridio) polivalentes (más de un Clostridio) y combinadas (con otros antígenos bacterianos). La elección del tipo de vacuna se realiza de acuerdo con la incidencia de los distintos tipos de afecciones a prevenir.

d). – Complejo respiratorio bovino (CRB)

El Complejo Respiratorio Bovino (CRB), es una enfermedad multifactorial en la que intervienen agentes bacterianos y virales, eventos de manejo, así como cambios climatológicos, que generan estrés y elevan los niveles de cortisol de los bovinos, llevándolos a un estado de inmunosupresión que favorece la colonización de virus y bacterias saprófitas, presentes en vías respiratorias altas, hacía vías respiratorias bajas, propiciando el proceso patológico pulmonar.

El complejo se manifiesta de formas muy diversas en el ganado bovino, en función de la edad del animal, del agente(s) implicado(s) y de la fase de la enfermedad, entre otros factores.

El 58% de las pérdidas asociadas con el CRB se deben a la reducción del peso corporal, la mortalidad y los costes debidos al trabajo adicional (separación de los animales infectados, tratamientos). En los casos agudos la muerte. La pérdida económica se da con base a la etapa productiva y fin zootécnico acorde con el precio del ganado en la región.

e). – Carbonosa.

La fiebre carbonosa o ántrax es una enfermedad hiperaguda (en rumiantes), muy contagiosa, caracterizada por septicemia y muerte brusca, con exudación de sangre retenida por los orificios corporales. Es una Zoonosis, que se encuentra diseminada en casi todo el mundo y es responsable de importantes pérdidas económicas, se caracteriza en los bovinos por presentar muerte súbita con sangre en los orificios naturales (boca, nariz y ano), en los cuales se encuentra la bacteria que la produce y es responsable de importantes pérdidas económicas**.** La importancia del ántrax desde el punto de vista económico y de salud pública, radica en la capacidad que éste tiene de afectar a un gran número de animales de diferentes especies, a partir de una fuente común. La pérdida económica estará en función del precio de los animales muertos y su función zootécnica.

2). – Alimentación y nutrición.

En este aspecto en el trópico influye de manera considerable la época del año, lo que origina falta de materia seca en la época de estiaje con disminución en la condición corporal, como consecuencia enfermedades metabólicas por deficiencias de minerales, energía y proteína en las dietas y en la época de lluvia, afectaciones de tipo pulmonar y fúngicas primordialmente ocasionadas la mayor parte de las veces por cambios bruscos con inundaciones en potreros que demeritan la cantidad de forraje a suministrar. La pérdida económica se da por la disminución de peso y producción de carne y leche, pudiendo llegar inclusive hasta la muerte en casos agudos. Con la disminución de ingresos y rentabilidad de la empresa.

3). -Reproducción:

Continuando con el cuestionamiento que nos apoye a gestar en el ganadero, ese cambio de mirarse y sentirse como el empresario que es. Surge la pregunta respecto al manejo reproductivo que de forma integral debe dar a su UPP.

¿Realiza una vez al año examen de salud y capacidad reproductiva al semental?

El responsable del 50% de la fertilidad de hato es el semental, siendo a su vez también responsable de la diseminación de enfermedades venéreas en el hato. Existen estudios (Cuadro 3) en donde se puede observar que un 15% al 20% de los sementales que están en campo presentan algún problema en la capacidad reproductiva, lo que provoca infertilidad en el hato. Siendo este un punto importante a considerar toda vez que más del 95% de las UPP'S utilizan la monta natural. Si el semental no preña, no hay leche ni producción de becerros, con perdida productiva y económica en la empresa.

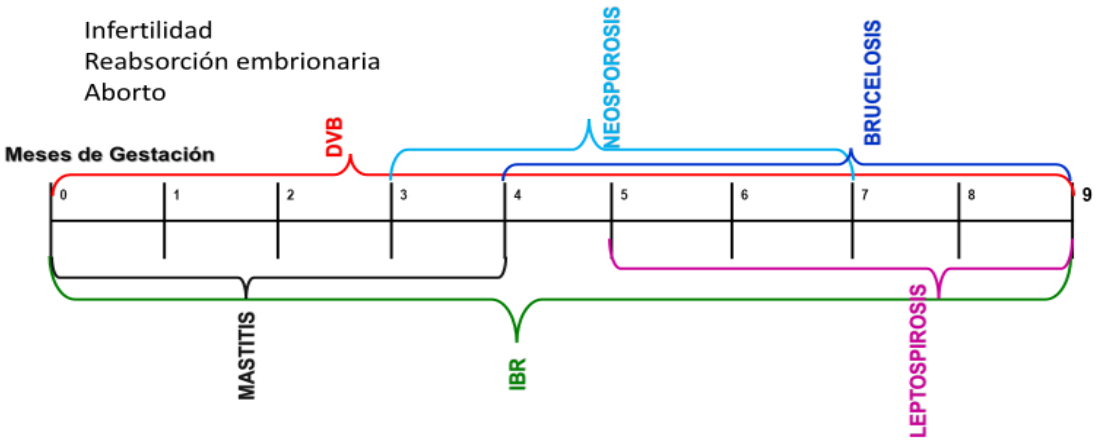
Cuadro 3. Examen de la Capacidad reproductiva de toros en monta natural

REPRODUCCIÓN: Semental			
Examen de la Capacidad Reproductiva de Toros en Monta Natural			
CARACTERÍSTICA	**UGRZC y FUNPROVER Proyecto 2004 (n=189]**	**SAS° ELU, 10,940 y 1952]**	**INFAP Veracruz. Tamaulipas sonora (2,057)**
Toros clasificados, %			
"Satisfactorios¨	**76**	**83 - 85**	**79**
"No satisfactorios"	**19**	**17 - 15**	**21**
"Peripuber"	**5**		
Certificado de Fertilidad	**SI**	**SI**	**SI**
Metodología	**SAS***	**original**	**SAS**
Prueba de laboratorio	**SI**	**SI**	**SI**
Seropositividad (%) a IBR	**63**		
Leptospira(Hardjo,Wolfi)	**53,51**		
Circunferencia Escotral, cm	**37.2-38.1**	**>36 - >39**	
Edad, años	**3.5-4**	**3 o mas**	**Variable por edad**
Incremento Fertilidad del Hato, %	**5**	**8**	**Variable**

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la hembra a nivel tropical diferentes autores mencionan un porcentaje de fertilidad del 40 al 50% la cual se ve afectada mayormente por problemas de alimentación en un 50-80% de enfermedades de la reproducción 40-50% toros infértiles es a un 10 a un 20% y manejo de la mastitis 20 a 25%. Las enfermedades que afectan la reproducción bovina provocan infertilidad, reabsorción embrionaria y aborto en diferentes etapas de la vida productiva de la vaca y su gestación, situación que puede ser prevenida con la aplicación estratégica de la metafilaxia, específicamente vacunación en Diarrea Viral Bovina (DVB) Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR) Leptospirosis, Brucelosis, Mastitis. Así como como la Neosporosis, para la cuale no existe vacuna en México. En la Figura 2 se presenta la signología que estas enfermedades presentan en las diferentes etapas de la gestación de la hembra bovina.

FIGURA 2. SIGNOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES



Fuente: Elaboración propia

El costo beneficio de aplicar la vacunación y un buen manejo reproductivo se puede observar en el cuadro 4 y 5 en los cuales se presenta el costo de un día abierto con la perdida consecuente por infertilidad, reabsorción y aborto.

Cuadro 4. REPRODUCCIÓN: Costo-Beneficio, Mejorar parámetros reproductivos (PMN)	
Costo/Beneficio perdida 1 día abierto / vaca / becerro	
a) 1 becerro al nacer 40 kg x $ 52.00	$2,080.00
1800 / 280 días (Gestación)	$7.42 / día
b) 1 Vaca Renta de pastos ($ 10.00 a $ 25.00 diarios)	$ 16 / día
c) 4 litros leche / día a $ 8.00	$32/día
d) Mano de obra $200.00 / 41 animales	$4.87
TOTAL DIARIO	$60.30
$ 60.29 / día x 30 días =	$1,808.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. PERDIDA ECONÓMICA EN ENFERMEDADES DE LA REPRODUCCIÓN (PMN)	
Cuanto perdemos por una REABSORCIÓN	$ 60.30 a $5,427.00 1 a 90 días
Cuanto perdemos por un ABORTO	$ 5,427 a $ 16,884.00 90 a 280 días
Cuanto perdemos por INFERTILIDAD	$ 60.30 /día

Fuente: Elaboración propia

Estos datos permiten explicar por qué la planeación estratégica de un programa de sanidad en bovinos en el trópico se debe manejar en forma integral**.**

4). -Genética

Otra pregunta obligada para el ganadero es: ¿Cuál es la mejor vaca y que raza es la que considera más apropiada para su empresa?

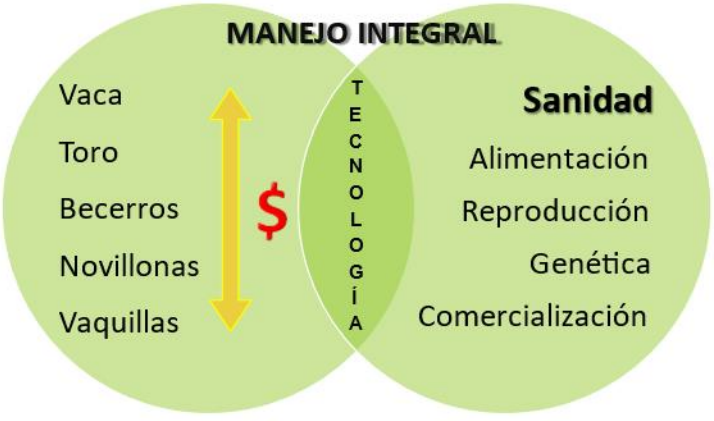
La respuesta es la vaca que ya tiene y que ha logrado desarrollarse y adaptarse productivamente en forma exitosa con el manejo que da a su hato. Siendo importante tener indicadores de adaptación como la sobrevivencia, así como el crecer, producir y reproducirse con los insumos, productos y manejo que da en su UPP. Al hablar de genética adaptada, se debe considerar la presión climática, así como al parasitismo y a la resistencia de enfermedades entre otras, en forma sustentable. Así mismo, es fundamental el observar el mercado en el que se desarrolla actualmente el sistema de DP, para replantear y dar a conocer al ganadero, los beneficios económicos y productivos que con las diferentes herramientas tecnológicas e innovadoras como la utilización de cruzamientos dirigidos genéticamente y el uso de la biotecnología puede utilizarse en su empresa. Al respecto, resultados de estudios realizados en clima subtropical húmedo en el S.E. "Las Margaritas", INIFAP-SAGARPA indican el crecimiento de la producción de becerros, por la utilización de hembras cruzadas podría ser alrededor de 26 unidades porcentuales (Ríos et al., 1998) de manera similar (Vega MVE., et al., 2001) analizando la productividad hasta los 11 años de vacas Bos Indicus x Bos Taurus x Bos Indicus, encontraron que las cruzas Angus por Cebú y Charoláis x Cebú tuvieron mayor productividad que las cruzadas de Suizo Europeo x Cebú y Brahmán. Debido a la oportunidad que existe de la demanda de la carne y alto precio del ganado en pie, se tiene la alternativa de introducción de razas especializadas en producción de carne al sistema de doble propósito, después de cubrir el porcentaje del reemplazo anual de hembras. El efecto de la introducción de una raza especializada en producción de carne permitirá mejorar el comportamiento productivo hasta el destete a través del vigor hibrido tanto individual por incluir una raza terminal al sistema y materna por la utilización de vientres cruzados, por lo que se mejoraría notablemente el ingreso de las unidades de producción (UPP).

Por otra parte, en lo que respecta a salud en el hato, recientemente estudios realizados para estudiar la arquitectura genética de características de importancia genética en la producción del ganado de

doble propósito (García-Mateos et al., 2018). Mediante el análisis de asociación de genoma completo, se lograron detectar gran número de polimorfismos de nucleótido único (SNP) asociados con la producción de leche (PL), Periodo interparto (PIP) y servicios por concepción (SXC); 85 SNP para PL, 61 SNP para PIP y 65 SNP para SXC, de los cuales 60 SNP, 44 SNP y 34 SNP respectivamente presentaron asociaciones significativas registradas; mientras que 25 SNP para PL, 17 SNP para PIP y 31 SNP para SXC significativos no han sido asociados a estas características.
Estudios similares con el objetivo de evaluar la resistencia a la infección natural por Cooperia spp. en bovinos jóvenes cruzados Cebú x Holstein, en el trópico han encontrados resultados que sugieren la existencia de SNP asociados con la resistencia a nematodos, principalmente en el cromosoma 23. Sin embargo, se requiere más información para definir dicha relación. El estudio de la interacción hospedero/parásito implica mayor conocimiento en la diversidad de mecanismos inmunes de evasión, y detoxificación antihelmíntica en las nematodosis. La contribución en el conocimiento de factores asociados al genoma del hospedero y a los procesos de infección implica determinar mecanismos que podrían indicar en un tuturo el uso de marcadores asociados a las nematodosis bajo condiciones de pastoreo en trópico (García-Ruiz et al., 2019).

8.- ESTUDIO DE CASO:
En el sistema DP, el ganadero tiende a trabajar y aplicar técnicas innovadoras en su empresa pecuaria por imitación y en el aprender haciendo de productor a productor; por lo anterior se hace una reflexión en un estudio de caso sobre la implementación estratégica de un programa integral de sanidad en bovinos en este sistema**.** A continuación, se presenta el costo beneficio de la implementación de un programa integral en sanidad de bovinos en el trópico de Veracruz, particularmente en una Unidad Productiva representativa de esta zona con una superficie de 30 a 50/has, 41 animales**:** 20 Vacas**,** 1 Toro**,** 10 Becerro/Becerra**,** 5 Novillonas**,** 5 Vaquillas.
La figura 3, prioriza la importancia que tiene el desarrollar un manejo integral en el hato con las diferentes actividades que a través de la tecnología se deben realizar para establecer un programa de sanidad.

FIGURA 3. MANEJO INTEGRAL DE UN PROGRAMA DE SANIDAD EN BOVINOS.



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6, se plantea un programa integral de desparasitación y vacunación para el trópico de la zona centro del estado de Veracruz, el cual puede tener variantes de acuerdo con la prevalencia e incidencia de alguna de las enfermedades

Cuadro 6. Calendario de Manejo del Hato

ACTIVIDADES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

DESPARASITACIÓN ADULTOS	X											
DESPARASITAR BECERROS	X								X			
VACUNACIÓN CLOSTRIDIOS Y VIRAL+LEPTO		X	X						X			
VACUNACIÓN DERRIENGUE ADULTOS										X		
VACUNACIÓN DERRIENGUE BECERROS					X					X		
PALPACIÓN RECTAL VACAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PALPACIÓN RECTAL NOVILLONAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MONTA TOROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
APLICACIÓN TRATAMIENTOS HORMONAL Y MINERAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DESTETE BECERROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REVISIÓN LINDEROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHAPEO DE POTREROS			X	X	X							
SIEMBRA PASTOS							X	X	X	X		
APLICACIÓN HERBICIDAS							X	X	X	X		
SIEMBRA DE MAÍZ O SORGO							X	X	X	X		
ENSILADO										X	X	

En el cuadro 7. se presenta el costo total/año de un programa sanitario en una hembra bovina en vida productiva en un hato (n=41) en el centro de Veracruz.

Cuadro 7. Costo / Beneficio / VACA / año / Status Sanitario. (PMN)

Actividad	Costo	Beneficio
Prueba Tb y Br	(1) $ 80.00	Decomiso parcial o total $ 15,000 a 25,000
Vacuna Derriengue	(2) $ 36.00	$ 15,000 a 25,000
Vacuna Clostridios	(2) $ 16.00	$ 15,000 a $ 25,000
Desparasitar (muestra coproparasitoscópica)	(1) $ 15.00	Peso producción 20 %
Aplicar desparasitante	(2) $ 14.00	↑ 30% kg Carne = $ 3,500 producción leche. = $ 1,050 al año
Vacunas virales	(1) $ 47.5	Enf. Pérdida gestación/leche $ 45.00/día
		Muerte 15,000 a 25,000
Vacuna Leptospirosis	(1) $ 10.00	Enf. Pérdida gestación/leche $45.00 /día
		Muerte $ 15,000 a 25,000

Mano de obra (Vac./Desp.)	(2) $ 10.00	$ 5.00 /día/animal/ aplicación tratamientos
Prueba california mastitis	(12) $ 48.00	30% producción 1 l/día = $ 5.00 a 1,050.00 + costo medicamento
Palpación rectal	(4) $ 200.00	Por c/día abierto $ 60 .30
Sal mineral	80 a 100 g / día $ 800 /año	↓ 10 a 20 % peso
Baño garrapaticida	(24) $ 96.00	$ 4.00/animal/día.
Mano de obra, baño garrapaticida	(24) $48.00	$ 2.00/animal/día
TOTAL	**$1,420.50**	Muerte $ 15,000 a $ 25,000 20 a 30 % producción = $ 1,050.00 por c/d día abierto = $ 45.00

En el caso de la becerra, vaquilla y novillona, el costo del programa es similar en actividades a las de la vaca quitando el costo de la palpación rectal, prueba de mastitis y la mitad del consumo de sal mineral lo que nos da un total de $ 772.50 PMN
En el cuadro 8. se presenta el costo promedio de un programa de manejo sanitario de un semental en un hato (n=41) de doble propósito en la zona centro de Veracruz.

Cuadro 8. Costo / Beneficio / TORO / año / Status Sanitario. (PMN)

Actividad	**Costo**	**Beneficio**
Prueba Tb y Br	**(1) $ 80.00**	**Decomiso parcial o total $ 50mil a $100mil**
Vacuna derriengue	**(2) $36.00**	**$ 50,000 a $100,000**
Vacuna Clostridios	**(2) $ 16.00**	**$ 50,000 a $ 100,000**
Desparasitar (muestra copro)	**(1) $ 15.00**	**Peso producción 20 %**
Aplicar desparasitante	**(2) $ 14.00**	**↑ 30% kg Carne = $ 3,500. producción leche. = $ 1,050 al año**
Sal mineral	**80 a 100 g / día $ 800 / año**	**↓ 10 a 20 % peso**
Vacunas virales	**(1) $47.50**	**Enf. Pérdida gestación/leche $ 45.00/día Muerte 50,000 a 100,000**
Vacuna Leptospirosis	**(1) $ 10.00**	**Enf. Pérdida gestación/leche $45.00 /día Muerte $ 50,000 a 100,000**
Mano de obra (Vac./Desp.)	**(2) $ 10.00**	**$ 5.00 /día/animal/ aplicación tratamientos**
Examen capacidad reproductiva	**(2) $ 1,500.00**	**Pérdida del 100 % de la fertilidad hato**
Baño garrapaticida	**(24) $ 96.00**	**$ 4.00/animal/día.**
Mano de obra, baño garrapaticida	**(24) $48.00**	**$ 2.00 /animal/día**
TOTAL	**$ 2,672.50**	

Fuente: Elaboración propia
En el caso del becerro el costo del programa es similar en actividades a las del semental quitando la evaluación de la capacidad reproductiva, la mitad del consumo de sal mineral y pruebas de tb y br lo que nos da un total de $ 692.50. PMN.
El costo beneficio de establecer el status sanitario por etapa productiva de los animales en un hato de doble propósito en el trópico de Veracruz lo podemos observar en el cuadro 9.

Cuadro 9. Costo Beneficio al aplicar el manejo integral de la salud reproductiva y fertilidad en un hato doble propósito / año / Animal. (PMN)

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 10. Concluye el costo- beneficio que representa el desarrollar en forma integral con una

Animal	Costo/animal	Beneficio / año
Toro	$ 2,672.50	Gestar el 80 a 100 % hato $$$
Vaca / año	$ 1420.50	$ 15,000 a $ 25,000 animal. $ 4,200 leche $ 19,000 a $ 30,000
Novillona (350 kg)	$ 772.50	$ 20,000 promedio
Vaquilla (200 kg)	$ 772.50	$ 10,000 a $ 15,000
Becerro y becerra (200 kg)	$692.50 y $ 772.50	$ 10,000

planeación estratégica el programa sanitario en un hato representativo de la zona centro del estado de Veracruz. Que cuenta, con 41 animales en una superficie de 30 hectáreas y desarrolla su actividad productiva en el sistema doble propósito.

Cuadro 10. Costo de establecimiento de un programa de manejo integral sanitario y reproductivo en un hato de 70 animales en la zona centro del estado de Veracruz. (PMN)

Animal	Costo/animal	Beneficio / año
Toro	$ 2,672.50 (1)	$ 50,000 - $ 100,000.00 para gestar 90 a 100% del hato
Vaca	$ 28,410.00 (20)	Carne $ 500,000 (20) Leche $ 67,200 (16)
Novillona	$ 3,862.50 (5)	$ 100,000.00
Vaquilla	$ 3,862.50 (5)	$ 55,000.00
Becerro	$ 7,725.00 (10)	$ 160,000.00
TOTAL	**$ 46,532.50 (41)**	**$ 982,200.00**

El costo de implementar un manejo integral sanitario y reproductivo adecuado en una explotación bovina representativa en la zona centro de Veracruz con 41 animales (20 vacas, 5 novillonas, 5 vaquillas, 10 becerros/becerras y 1 sementales) es de $46,532.50 PMN que corresponde al 4.73% de la inversión en animales. Con la aplicación de la **PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE UN PROGRAMA INTEGRAL EN SANIDAD DE BOVINOS EN EL TRÓPICO,** reducimos las pérdidas económicas por muerte de animales, con el costo/beneficio que conlleva lo anterior se paga el programa de salud del hato, aumentando la rentabilidad de la empresa pecuaria.
El problema fundamental del ganadero que maneja su unidad productiva en sistema de doble propósito en el centro del estado de Veracruz se presenta en que no lleva registros económicos, productivos y reproductivos lo que dificulta utilizar indicadores, para medir la productividad y rentabilidad de su empresa pecuaria.

Bibliografía

1. Abad, Z.J., Ríos, U.A., Rosete, F.J.V., García, C.A., y Zárate, M.J.P. (2016). Prevalencia de rinotraqueítis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en hembras en tres épocas del año en la Zona Centro de Veracruz. Revista Electrónica Nova Scientia, 16 (8-1), 213 – 227. ISSN 2007 – 0705. Recuperado de: https://cutt.ly/hwrmwlZU
2. Copyright © Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) 2023. https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/Consultado junio 2023.
3. Díaz-A.E., Aguilar, R.F., Arellano, R.B., Benítez, G.A., Gutiérrez, H.J.L., Herrera, L.E., Limón, G.M.M., y Palomares, R.E.G. (2018). Epidemiología y control de garrapatas,

moscas y nematodos gastrointestinales que afectan a los bovinos en México. En: E. González P. y J. L. Dávalos F. (coords). Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. 2da. edición. Libro Técnico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)-Programa de Redes Temáticas. 237-254 pp.

4. ECOPAR 2013. Guía para el manejo sanitario de ganado bovino en la Parroquia de Papallacta. 6p
5. Estudio de asociación genómica para resistencia a Cooperia punctata en bovinos cruzados en el trópico subhúmedo de México. Nota de Investigación, Rev Mex Cienc Pecu 2019;10(2):482-489 doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4759
6. FAO, 2011. World Livestock 2011 – *Livestock in the food security.*
7. FAO \& WOAH/OIE, 2015. *Global control and eradication of peste des petits ruminants Investing in veterinary systems, food security and poverty alleviation*
8. García-Mateos VX, Vega-Murillo VE, García-Ruiz A, Calderón-Chagoya R, Román-Ponce SI, Montaño-Bermúdez M, Calderón-Robles RC, Ríos-Utrera A, Martínez-Velázquez G. 2018. Estudios de asociación del genoma completo de características productivas y reproductivas en ganado bovino de doble propósito y lechería tropical especializada. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Nayarit 2018.
9. García-Ruíz Adriana, Ruíz-Lopez Felipe de Jesús, Alonso-Diaz Miguel Angel, von-Son-de-Fernex Elke, Olazarán-Jenkins Sara, Vega-Murillo Vicente Eliezer, López-Arellano Maria Eugenia. 2019.
10. Gudiño E., R. (2017). SISTEMA DOBLE PROPOSITO EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ: ESTUDIOS DE CASO • XLI Congreso Nacional e Internacional de Buiatría, Acapulco, Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos.
11. Gudiño E., R. (2018). PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD ECONOMICA DE LA GANADERÍA DE DOBLE PROPÓSITO CON BASE A OPORTUNIDADES DEL MERCADO • XLII Congreso Nacional e Internacional de Buiatría, Chihuahua, Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos.
12. Lombard, M.. P. P. Pastoret and A. M. Moulin. 2007. A brief history of vaccines and vaccination. Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties. 26(1):29-48.
13. REDGATRO (2015). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). OREDGATRO CONACyT. México, D. F. pp. 38-47.
14. Ríos U. A., Vega M. V. E., Montaño B. M. 1998. “Causas de desecho y vida productiva de vacas Bos indicus y cruzas F1 Angus, Charolais, Hereford y Suizo Pardo x Cebú”. TEC. PECU. Méx. Vol.:36 3:203-211.
15. Rodríguez, V.R.I., Gris, L., Pérez, L., A.A., Silva, V.H., Torres, A.J.F.J., Fragoso, S.H.,…García, C.D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. Rev Mex Cienc Pecu, 8(1), 61-74. doi: http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305.
16. Rodríguez, V.R.I., Torres, A.J.F.J., Cruz, V.C., Almazán, G.C., Alcalá, C.Y., y Alonso, D.M.A. (2018). Epidemiología y control de garrapatas, moscas y nematodos gastrointestinales que afectan a los bovinos en México. En: E. González P. y J.L. Dávalos F. (coords). Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. 2da. edición. Libro Técnico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)-Programa de Redes Temáticas. 255-307 pp.
17. Romero Salas D. 2012 Enfermedades que causan aborto en la ganadería bovina. Folleto técnico No 1. p 11.
18. Vega MVE, Ríos UA y Montaño BM. 2001. “Productividad hasta los 11 años de vacas Bos indicus y Bos taurus x Bos indicus”. Memorias de la XXXVII Reunión de Nacional Investigación Pecuaria, Tuxtla Gutiérrez Chiapas
19. Waldner, N. D., J. Kirkpatrick and T. W. Lehenbauer. 2008. Recommended vaccination schedules for a comprehensive dairy herd health program. [Consultado el 12 de febrero de 2009] http://www.osuextra.com

AVANCES EN LAS TECNICAS DE DETECCION PARA MICOTOXINAS EN ALIMENTOS

Dra. Silvia Denise Peña Betancourt; Posadas, M. E.

E mail: s.denisepena@gmail.com

RESUMEN

Actualmente existe la necesidad de conocer la calidad y la inocuidad en los alimentos, con el objeto de mejorar la producción animal y la salud pública. Las micotoxinas son contaminantes de los cereales (maíz, trigo y avena), ensilajes, subproductos (harinas) y raciones completas de uso pecuario. La Aflatoxina B1 (AfB1), es la más tóxica de las micotoxinas ya que es mutagénica y cancerígena. En México se han detectado aflatoxinas (AfB1 y AfM1), Zearalenona (ZEN) y Fumonisina B1(FB1) en los granos de maíz, silos de maíz y en leche. A nivel mundial los niveles de aflatoxinas se encuentran regulados en cien países, donde China y el Continente Europeo poseen una reglamentación para siete micotoxinas. México establece el límite máximo permisible (LMP) para las aflatoxinas (B1, B2, G1 y G2) y para la aflatoxina M1 (AfM1), en 20 ng/g (ppb) y 0.5 ng/g respectivamente, mientras que en otros países, se permiten 2 y 0.05 ppb. Existen diversos métodos para la detección de las micotoxinas, entre los más utilizados se encuentran los métodos de inmunoensayo enzimático o (ELISA), los métodos Cromatográficos (CLAR) y los inmunocromatográficos (tiras de flujo lateral). Actualmente se han logrado avances en la sensibilidad y especificidad, implementando columnas de limpieza en fase solida y solo algunos métodos rápidos como las tiras de flujo lateral, han podido disminuir su costo. Se concluye la posibilidad de contar con técnicas de análisis en tiempo real y de bajo costo. Se recomienda vigilar la presencia de micotoxinas en toda la cadena productiva de los alimentos con el fin de contribuir con el sistema de trazabilidad y la producción de alimentos sanos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la necesidad de proteger no solo la calidad en los alimentos, sino la presencia de contaminantes (inocuidad), tanto a nivel nacional como internacional, con el objeto de evitar posibles afectaciones a la salud y producción animal y por lo tanto en la rentabilidad del hato ganadero, así como la posibilidad de rechazos de las materias primas y de los alimentos completos a nivel comercial internacional. Con el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos se podrá mejorar la salud pública (1).

De los contaminantes químicos que más han sido estudiados se encuentran las micotoxinas, que son metabolitos secundarios de hongos fitopatógenos como el *Aspergillus* y *Fusarium spp.*; que habitan en el suelo como saprofitos y que pueden contaminar a los cultivos agrícolas durante su desarrollo en campo (cereales, ensilajes; subproductos y en los alimentos completos) durante su almacenamiento (4).

Existen 500 micotoxinas identificadas, siendo la Aflatoxina B1 (AfB1), la más tóxica, ya que es capaz de provocar mutaciones en el ADN y estrés oxidativo, además de cáncer hepático, también se le atribuye una baja ganancia de peso en los terneros y una disminución en la función inmunológica tanto en el ganado bovino de carne como de leche. Las Fumonisinas, (FB1), se relacionan con un daño a órganos como son los riñones e hígado por lo que la síntesis de albúmina y fibrinógeno puede disminuir, en el ganado lechero; la Zearalenona (ZEA), una micotoxina estrogénica y androgénica puede alterar el sistema reproductivo y endócrino (alta mortalidad embrionaria, alteraciones de hormonas: luteinizante (LH) y progesterona, además de su probada hepatotoxicidad, ocasiona en el ganado de leche una disminución en la producción láctea (5, 6, 7).

En México se ha detectado la presencia de cinco micotoxinas, siendo las Aflatoxinas totales (B1, G1, B1 y B2), AfB1, AfM1, Zearalenona (ZEA), Fumonisinas (FB1) y Deoxinivalenol (DON), principalmente en los granos de maíz, silos de maíz y leche, fluctuando los niveles de contaminación según sea el lugar de procedencia, la variedad del grano y el ciclo agrícola, así como el manejo de la alimentación en el ganado bovino. De manera general se ha visto la presencia de una co-contaminación en el maíz,es decir la presencia de simultánea de mas de una micotoxina principalmente de aflatoxinas y fusariotoxinas (Zea, FB1,DON), en un rango de 800 a 1000 ng/g. En México las aflatoxinas se encuentran en cantidades permisibles por la legislación nacional que es de 20 ng/g (ppb), por encima de la legislación Europea, que es de 2 ppb. A nivel mundial hasta hace veinte años, cien países contaban con una legislación para las micotoxinas, donde China tiene la más extensa ya que involucran a siete micotoxinas, seguida por 19 países del Continente Europeo. En México cuenta con el límite máximo permitido (LMP) para las aflatoxinas totales, AfB1 y AfM1, AfB1 y AfM1. La AfM1, es un metabolito de la AfB1, por lo que un LMP bajo podrá reducir la presencia de AfM1 en la leche, México permite un nivel de 0.5 ng/g, otros países diez veces menos 0.05 ng/g (3, 4, 7,9).

Los métodos de detección para las micotoxinas disponibles comercialmente, son diversos, pueden ser químicos, biológicos o combinados, los cuales representan un mercado global mayor a 14 billones de dólares y se espera para el 2023, el valor ascienda a 20 billones de USD (6). Los métodos deben de contar con su validación para que puedan ser oficiales, por lo que la mayoría de ellos son confiables, con diferencias en la sensibilidad, especificidad y costo. Existen por lo menos 40 métodos que han sido validados por los organismos internacionales, como la Asociación internacional de químicos analíticos (AOAC), para la detección de las micotoxinas, entre ellos se encuentran los métodos de inmunoensayo enzimático o (ELISA), que pueden ser directos, indirectos, competitivos y tipo sándwich; y los métodos Cromatográficos como la Cromatografía Liquida de alta resolución o (HPLC) acoplada a detectores de fluorescencia, de luz ultravioleta, espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS) y la Cromatografía Gaseosa (GC) acoplada a la espectrometría de masas (GC/MS), que difieren en infraestructura, costo, el tiempo de análisis y la experiencia del usuario siguen siendo algunos inconvenientes para muchos laboratorios.

Sin embargo son extremadamente sensibles ya que pueden identificar las micotoxinas y sus metabolitos también llamadas micotoxinas enmascaradas, en bajas concentraciones, en muestras complejas como son los alimentos terminados o dietas (7,9).

Los métodos inmunoquímicos en particular los inmunoensayos tradicionales, aparecieron hace treinta años, se basan en la reacción Ag-Ac, por lo que es importante mantener los ac en condiciones estables de temperatura. Son técnicas muy populares, sin embargo requieren de protocolos largos y bien llevados a cabo (tiempo de incubación, lavados, reactivos, etc) . Por lo que las pruebas de ELISA tipo sándwich ofrecen mejores resultados por contener dos anticuerpos distintos lo que minimiza el riesgo de una reactividad cruzada y mejoran la especificidad del analisis. El ruido de fondo es el excesivo desarrollo del color en los pocillos de la placa, que puede deberse a un mal manejo de la incubación, el tiempo y las condiciones de oscuridad. La técnica consume 24 horas para su realización. Entre los avances de las técnicas ELISA se encuentra la automatización de su protocolo con lo cual se ha logrado reducir hasta en dos tercios el tiempo de análisis, siendo actualmente de 90 minutos. Así como el uso de columnas de limpieza en fase sólida

Los inmunoensayos cromatográficos se conocen como tiras o membranas de flujo lateral o por sus siglas en inglés (LFD), se basan en la inmunocromatografía, es una técnica rápida que permite detectar la presencia o ausencia de la micotoxinas, siendo posible la cuantificación si se cuenta con un lector de tiras. Se comercializan en kits que contienen 24 tiras con un rango de cuantificación que va de 2, 4 y hasta 10 ppb. La técnica consume un tiempo de 3 a 5 minutos por análisis. Son pruebas sensibles y de bajo costo idóneas para usarse en campo (11).

Los biosensores son dispositivos desarrollados por la necesidad de detectar organismos patógenos en los alimentos; gracias a las disciplinas de la biología molecular (producción de enzimas, anticuerpos o antígenos) y la electroquímica; La investigación de estos equipos lleva más de 20 años. Un biosensor contiene un bioreceptor y un transductor, el primero es capaz de reconocer un analito y el segundo, de convertir su respuesta en señal eléctrica, cuantificable. El transductor puede ser electroquímico u óptico. Actualmente se han logrado avances en los materiales de los transductores, como son los polímeros inteligentes con propiedades químicas y mecánicas que superan a los materiales tradicionales logrando alta sensibilidad (0.25ng/mL) y una medición en tiempo real (indispensable para la industria de alimentos), además de mejorar las propiedades mecánicas, obteniendo la miniaturización de los sensores y su portabilidad, un bajo costo y la sencillez en su aplicación en muestras pequeñas. De entre los materiales inteligentes en 2016 el titabato zirconato de plomo (PZT) y los polímeros a base de fluoruro de vinilideno (PVDF), son algunos ejemplos (8).

El Aptasensor dual competitivo o LFA, contiene anticuerpos químicos que son oligonucleótidos de RNA o ADN, que fueron sintetizados in vitro, los cuales son de menor tamaño, químicamente estables y de bajo costo, además con la característica de poder unirse específicamente al analito, lo que le confiere al biosensor un límite de detección bajo (0.1 ng/Ml) para la AfB1, concentración que solo puede ser alcanzada con la técnica de HPLC acoplada a la Espectroscopía de Masas tándem. Este dispositivo no requerir de una infraestructura de elevado costo ni de personal altamente capacitado, además esta nueva técnica utiliza agua para la extracción de la muestra con lo cual disminuye el costo por la adquisición de disolventes y se realiza en un tiempo de 20 minutos (2,8).

CONCLUSIONES

Los agricultores y ganaderos podrán cooperar con el sistema de trazabilidad y la producción de alimentos sanos, desde el campo, al identificar las micotoxinas mediante algún método analítico rápido y económico.

Se requiere el desarrollo de métodos de detección para las micotoxinas que posean alta sensibilidad, rapidez, rentabilidad y sencillez. Además de ser amigables con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cortinovis C et al.2013. Fusarium mycotoxins: Effects on reproductive function in domestic animals. Theriogenology, 80:6, 557-564.
2. Chao Zhu y col. 2018. Dual competitive lateral flow aptasensor for detection of AfB1 in food and feedstuffs. Journal of Hazardous materials. 344, 249-257.
3. Chengxi Zhu, et al 2022. Label-free ratio metric homogeneous electrochemical aptasensor based on hybridization chain reaction for facile and rapid detection of AfB1 in cereal crops. Food Chemistry 373, 131443.
4. Elliot et al.2020. Potential adverse effects on animal health caused by addition of mineral adsorbents. Mycotox Res. 36 115-126.
5. Falkauskas R. et al, 2020. Mycotoxin risk management for dairy cows. Arq.Bras.Mes.Vet.Zootec. 74, 2, 281-290.
6. FORECAST. 2018.
7. Gilbert y Anklam 2002. Tendencias en Química analítica. 21(6-7). 468-486.
8. Mendoza .M.A. et al. 2013. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 12, 2:205-2022.
9. Peña B.S.D. et al. 2020. Contaminación de fusariotoxinas:Zearalenona, fumonisinas y Deoxinivalenol en maíz (Zea mays L.) procedente de Puebla y de la ciudad de México. Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente 39, 55-70.
10. Rodriguez-Blanco et al., 2020. Fusarium mycotoxins in total mixed rations for dairy cows Mycotoxins Res, 36, 277-286.

11. Wang Q. et al, 2020. The biochemical and metabolic profiles of dairy cows with mycotoxins contaminated diets. Peer J. 8, 8742.
12. Zheng M.Z 2006. Una revisión de los métodos rápidos para el análisis de micotoxinas. Micopatologia, 161, 261-273.

LA METAGENÓMICA COMO HERRAMIENTA EN SALUD ANIMAL

Dra. Edith Rojas Anaya

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG),
Boulevard de la Biodiversidad 400. Rancho Las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. CP. 4700. edith_ra23@hotmail.com. Tel: Modalidad Oral. Área: enfermedades infecciosas.

INTRODUCCIÓN

México posee varias especies domésticas las cuales son mantenidas en diversos sistemas de producción, dependiendo de factores ambientales y económico-sociales. En el caso de los caprinos y ovinos, son un claro ejemplo de los múltiples entornos de cría que existen en México, que van desde densidades altas y estabuladas, hasta la crianza de libre "pastoreo". Por lo que se dan las condiciones medio ambientales para estar expuestos a diferentes agentes infecciosos. Sin embargo, hay pocos informes a nivel mundial de la presencia de virus en estos animales a nivel de producciones familiares. Debido a lo anterior y a que la producción de esta especie para condiciones de autoabasto es importante en la población mexicana, el objetivo de este trabajo fue identificar por secuenciación masiva los virus presentes en hisopos rectales, orales y nasofaríngeos de cabras en diferentes regiones de México con la finalidad de conocer los agentes infecciosos a los cuales están expuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se tomaron 38 muestras de cabras criollas de regiones poco tecnificadas de sistemas familiares de producción. Se obtuvieron hisopados rectales, prepuciales, vaginales, orales y nasofaríngeos de cabras adultas tanto machos como hembras de los siguientes Estados de la República Mexicana: de Oaxaca (10), Estado de México (30), Tlaxcala (9) y Puebla (8). Las muestras se mantuvieron en medio de transporte desde el lugar de la toma hasta el laboratorio en refrigeración.
Extracción del material genético. La extracción del hisopado se llevó a cabo con el kit comercial Purelink viral RNA/DNA (Invitrogen, USA), siguiendo las instrucciones del fabricante con algunas modificaciones partiendo de 200 µl de muestra. Los ácidos nucleicos obtenidos se almacenaron a -80 ºC hasta su uso. Con la finalidad de poder identificar tanto virus ADN como ARN, a partir del ARN se sintetizó ADN complementario se generaron las bibliotecas y se secuenciaron. El protocolo de secuenciación se realizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante en un sistema Miseq (Illumina) con 2x250 ciclos.
Análisis bioinformático. Con el fin de obtener genomas virales de los datos de secuenciación masiva se construyó una base de datos personalizada de virus. Para ello se descargaron todas las secuencias virales de referencia asociados a vertebrados del *Viral genome browser* del NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/viruses/). Las librerías obtenidas de la secuenciación se limpiaron de adaptadores y secuencias de mala calidad (*qscore* menor a 20) con el programa fastp. Las librerías limpias fueron alineadas por Bowtie2 contra la base de datos de virus, con los parámetros –fast-local y -N 1, para permitir flexibilidad en el alineamiento; y –al-conc, para descartar las lecturas que no se alinearon contra la base de datos de referencia. Los resultados de bowtie2 fueron ensamblados por el programa Spades. Los contigs recuperados fueron comparados por medio de BLAST contra la base de datos viral con un valor de evalue de 1e-6. Las secuencias putativas de virus se procesaron con el programa ContigExtender (Deng y Delwart, 2021). Finalmente, las secuencias recuperadas fueron comparadas nuevamente mediante BLAST contra la base de datos viral con un valor de *evalue* de 1e-6 con el fin de asignar identidad taxonómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, solo fue posible obtener información de la secuenciación masiva de las muestras procedentes de hisopados orales (HO), prepuciales (HP) y rectales (HR) El ensamble de las librerías después del filtrado de lecturas con bowtie2 dieron como resultados 329 contigs, 125 contigs y 268 contigs respectivamente. Después de ser filtrados por BLAST se recuperaron 18 secuencias putativas de virus para la muestra HO con longitudes entre 90-851 pb, 3 para la muestra

HP con longitudes entre 330-362 pb, y ninguna para la muestra HR, esta última al no contener secuencias virales fue descartada para análisis posteriores.

Con el programa ContigExtender fue posible aumentar el tamaño de las secuencias de las muestras, las cuales finalizaron con longitudes entre 347-1784 pb para HO y 364-706 pb para HR. En ninguna de las muestras fue posible recuperar genomas completos, esto puede ser efecto de la secuenciación del metagenoma por shotgun que en muchos casos no es capaz de recuperar genomas íntegros (Tamames y Puente-Sánchez, 2019).
La identificación taxonómica por BLAST determino que las secuencias virales recuperadas de la muestra HO corresponden a los virus Enzootic nasal tumor virus y Jaagsiekte sheep retrovirus. Para la muestra HP las secuencias recuperadas corresponden a los virus Enzootic nasal tumor virus y Jaagsiekte sheep retrovirus. En los cuadros 1 y 2, se muestran los valores del BLAST por secuencia. Porcentajes de identidad superiores al 30 %, *e*value inferiores a 0.001 y *bitscore* superiores a 50 son indicativos que las secuencias son homologas (Pearson, 2013). En todos los casos se cumplen estos tres indicativos, por lo que las secuencias recuperadas pertenecen a secuencias virales. Respecto a los resultados presentados en las muestras de HP, este trabajo no sugiere que el virus tenga implicaciones venéreas, estos resultados pueden ser debido al comportamiento de acicalamiento de los machos y por tanto un virus que está presente en cavidad oral pudo alojarse de manera transitoria en la zona prepucial cuando la muestra fue tomada.

ID	Referencia	Long(pb)	Ident. (%)	Cobert. (%)
Seq1	Ovine enzootic nasal tumour virus	851	93.684	100
Seq3	Jaagsiekte sheep retrovirus	860	88.222	100
Seq4	Jaagsiekte sheep retrovirus	864	92.661	54
Seq5	Jaagsiekte sheep retrovirus	742	86.081	98
Seq6	Enzootic nasal tumour virus	1206	93.321	87
Seq7	Enzootic nasal tumour	1499	92.686	92
Seq8	Enzootic nasal tumour virus	1498	92.981	92
Seq9	Ovine enzootic nasal tumour virus	438	91.706	96
Seq10	Enzootic nasal tumour virus	1494	93.338	92
Seq14	Enzootic nasal tumour virus	295	85.821	45
Seq15	Jaagsiekte sheep retrovirus	347	89.42	97
Seq16	Enzootic nasal tumour virus	418	91.905	100
Seq17	Enzootic nasal tumour virus	1206	93.321	87
Seq18	Jaagsiekte sheep retrovirus	389	86.305	96
Seq1	Enzootic nasal tumour virus	706	85.637	52
Seq2	Jaagsiekte sheep retrovirus	518	94.747	96
Seq3	Enzootic nasal tumour virus	364	90.934	100

De las secuencias putativas de virus identificadas, las más importantes son las asociadas al virus del tumor nasal enzoótico (ENTV) asociado al adenocarcinoma nasal enzoótico (ENA) y causante de un tumor contagioso presente tanto en ovejas y cabras, perteneciente al género Betaretrovirus

de la familia Retroviridae. El genoma del ENTV consiste en un ARN de cadena positiva de aproximadamente 7-7.5 kb. Las cabras afectadas pueden mostrar secreción nasal, disnea, protrusión ocular y deformaciones craneales.

CONCLUSIONES

En el conocimiento de los autores de este trabajo, este es el primer reporte en México de la identificación del virus del tumor nasal enzoótico (ENTV) en cabras de crianza en traspatio, mientras que la identificación del Jaagsiekte sheep retrovirus fue informada en el XI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRYCS) 2019. Este estudio es colaborativo a las nuevas herramientas moleculares, ya que el uso de la secuenciación masiva permite la identificación de agentes infecciosos que pueden no ser identificados por otros métodos de detección.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados del presente trabajo son parte del proyecto de investigación INIFAP No. 1517533023 “Virómica y microbioma de pequeños rumiantes”

FUENTES CONSULTADAS

1. Deng, Z. y Delwart, E. 2021. ContigExtender: a new approach to improving de novo sequence assembly for viral metagenomics data. *BMC Bioinformatics 2021 22:1*, *22*(1), 1–19.

2. Pearson, W. R. 2013. An Introduction to Sequence Similarity (“Homology”) Searching. *Current protocols in bioinformatics / editoral board, Andreas D. Baxevanis ... [et al.]*, *0 3*(SUPPL.42).

3. Tamames, J. y Puente-Sánchez, F. 2019. SqueezeMeta, A Highly Portable, Fully Automatic Metagenomic Analysis Pipeline. *Frontiers in Microbiology*, *0*(JAN), 3349.

PRINCIPALES NEMATODOS DE LOS BOVINOS Y SU IMPACTO EN LAPRODUCCION

Dr. en CA y RN. Rafael Heredia Cárdenas

El grupo de parasitos más numeroso e importante de los bovinos, son los nematodos, los principales son: *Ostertagia, Trichostrongylus, Haemonchus, Toxocara, Cooperia, Nematodirus, Bonustomum, Trichuris,* estos se adquieren durante el pastoreo por ingestión de formas infectantes que contaminan la hierva en mayor o menor grado.

El éxito de los nematodos, depende del desarrollo y la supervivencia de sus larvas en el medio ambiente, la infección por nematodos gastrointestinales es completamente diferente según la edad del rumiante y el entorno.

Las enfermedades provocadas por nematodos gastrointestinales son algunas de las causas más importantes de mala salud de los rumiantes en los sistemas de pastoreo y provocan importantes pérdidas económicas. El retraso del crecimiento, ganancia de peso, reproducción y afectación general del estado de salud, son algunos de los efectos negativos sobre el bienestar de los animales infectados.

El control de los nematodos gastrointestinales proporciona beneficios tanto económicos como sanitarios a las explotaciones ganaderas. Para ello es necesario conocer la biología y epidemiología de estos parasitos y su distribución en la región así como la estacionalidad para tener éxito en su gestión integral.

Bienestar y salud animal

ACTIVIDAD ENZIMATICA DE LA GAMA GLUTAMYL TRANSFERASA COMO BIOMARCADOR DE UNA BUENA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS RECIEN NACIDAS

*Quezada T.T[*]., Ponce A. M., Valdivia F.A.G., Vázquez F. S., Medina E. L. E y Hernandez M. C.

Resumen.
El calostro es la primera secreción láctea producida por la glándula mamaria que además de contener las Inmunoglobulinas G (IgG) como la principal fuente de inmunidad pasiva para las becerras recién nacidas, también contienen otros compuestos químicos y enzimáticos como la enzima Gama Glutamil Transferasa (GGT). La GGT es una enzima de membrana que durante el proceso de preparación de la ubre para el nuevo parto las células que conforman los alveolos de la glándula mamaria estas contienen grandes cantidades de esta enzima, por lo que en el parto son secretadas al calostro. La evaluación de la actividad enzimática de la GGT ha sido propuesta ya por algunos autores, como un indicador de la Falla de la Transferencia de la Inmunidad Pasiva (FTIP) en las becerras recién nacidas ya que permite evaluar el adecuado consumo del calostro por las becerras en sus primeras horas de vida. El objetivo del estudio fue evaluar la actividad enzimática de la GGT como biomarcador de un buen calostrado de las becerras, así como de una buena Transferencia de la Inmunidad Pasiva (TIP) en las becerras recién nacidas. Se realizaron curvas de calibración para la GGT e IgG para sueros de calostros y sangre, mediante técnica espectrofotométricas. Se seleccionaron 100 muestras de 250 mL del primer calostro después del parto y se congelaron a -20° C hasta su uso. Se descongelaron, sé obtuvieron 1.5 mL de cada una en tubos eppendorf antes y después del tratamiento térmico. Se centrifugaron a 18000 rpm en una centrifuga refrigerada por cinco minutos, se retiró el sobrenadante (grasa), se almacenaron a 4°C por 24 h, se centrifugaron nuevamente a 1800 rpm durante 60 min. se retiró el sobrenadante (grasa) y se conservaron a - 20°C hasta su uso. Se seleccionaron 300 becerras Holstein Frisian recién nacidas, de 35.0 ± 3.0 kg y se les administro el calostro en base al 10% de su peso corporal (PC) durante las primeras 2 a 6 h de nacidas. Se formaron dos grupos de 150 becerras cada uno. El primer grupo de becerras recibieron calostro normal y el segundo recibió calostro tratados térmicamente. De cada becerra se obtuvieron 5 mL de sangre, se dejaron reposar por 40 min, se centrifugaron a 2500 rpm por 10 min, se separó el suero y se congelaron a -20° C hasta su uso. Se determino por espectrofotometría las actividades de GGT (U/L) y concentraciones de IgG (mg IgG/mL) de los sueros de calostro y sangre. Se agruparon los datos y se les realizo un análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de medias de rango múltiple (Tuke'y). La actividad enzimática de GGT en suero de calostro no tratado térmicamente fue 31345 ± 11833.22 U/L, mientras que en el tratado térmicamente fue de 35498 ± 11402.79 U/L. La concentración de IgG fue mayor en el calostro sin tratamiento térmico con respecto al que si recibieron tratamiento térmico (108.8 ± 2.79 y 90.0 ± 2.58 mg de IgG/mL respectivamente) ($P<0.05$). La actividad enzimática de GGT en sangre fue más elevada a las 24 h con respecto a las 48 h, para ambos grupos que recibieron calostros sin y con tratamiento térmico con promedio de 1003.9 ± 62.5 y 1270.0 ± 135.0 U/L respectivamente ($P<0.05$). La concentración de IgG en sangre mostro ser más elevada a las 48 h de vida en los animales sin y con tratamiento térmico, con valores promedio de 30.33 ± 1.19 y 36.56 ± 1.96 mg de IgG/mL respectivamente ($P<0.05$). Una correlación positiva entre las concentraciones de IgG (mg de IgG/mL) y la actividad enzimática de la GGT (U/L) a las 24 y 48 h de nacimiento ($r=0.84$; $r=80$, respectivamente) en becerras alimentadas con calostro sin tratamiento térmico. Una correlación positiva entre las concentraciones de IgG (mg de IgG/mL) y la actividad enzimática de la GGT (U/L)

[*] *Teódulo Quezada Tristán. Av Universidad 940. Col. Cd. Universitaria.
teodulo.quezada@edu.uaa.mx (449) 9107400 ext 50002 Departamento de Ciencias Veterinarias, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

a las 24 y 48 h de nacimiento (r=0.78; r=83, respectivamente) en becerras alimentadas con calostro con tratamiento térmico.

Introducción.

El calostro, es rico en IgG y provee al neonato la protección inmunológica requerida durante las primeras semanas de vida, siendo vital para su salud y sobrevivencia, además de jugar un importante en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal y otros sistemas, teniendo un efecto laxante, que estimula la eliminación del meconio y el establecimiento de los movimientos intestinales. Este es la única fuente de inmunidad pasiva para el ternero neonato, debido a que la estructura de la placenta bovina no permite la transferencia de inmunoglobulinas o anticuerpos de la madre al feto, además, el sistema inmune de la becerra al nacimiento se encuentra suprimido lo que demora en activarse al menos seis semanas y no es capaz de producir cantidades suficientes de inmunoglobulinas para combatir infecciones, por lo que son animales susceptibles de ser afectados por agentes patógenos que pueden causarles enfermedades e incluso la muerte (Elizondo, 2007).

Por otro lado, sabemos que la ternera nace sin inmunidad humoral (anticuerpos) adecuada y depende casi totalmente de la TIP de inmunoglobulinas (Ig's) maternas presentes en el calostro, de esta forma la adquisición de Ig's, a través de la permeabilidad intestinal, protege a la ternera de las enfermedades hasta que su propio sistema inmune llegue a ser completamente funcional (Robinson y col*.,* 1988). Por lo que, se considera que la disminución del tiempo entre el parto y la recolección del calostro es la manera más práctica a través de la cual las explotaciones lecheras pueden maximizar las concentraciones de las Ig's en el calostro (Conneely y col., 2013). La calidad del calostro es excelente cuando el contenido de Ig's totales es entre 82 y 127 mg/mL de calostro, para que los valores en sangre sean mayores a 10 mg/mL (Araúz, 2008).

Existen cuatro factores que contribuyen a una exitosa transferencia de inmunidad pasiva: suministrar calostro con una alta concentración de IgG (>50 g/L), ofrecer un adecuado volumen de calostro, brindarlo en las primeras dos horas de vida (Godden *y col.,2012*) y minimizar la contaminación bacterial del mismo (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2009).

En el calostro bovino se han encontrado más de 40 enzimas importantes entre ellas la GGT (Swaisgood, 1995). La GGT es la enzima responsable de la hidrólisis del Glutatión Reducido Extracelular (GSH), que es uno de los principales antioxidantes intracelulares de los mamíferos, esta enzima también permite que los aminoácidos precursores sean usados posteriormente para una nueva síntesis de GSH intracelular (Bulusu, 2016). La GGT al igual que ocurre con la Fosfatasa Alkalina (FA), está especialmente asociada al borde de cepillo de las microvellosidades intestinales, hepatocitos, células epiteliales biliares, células epiteliales de los túbulos renales y células epiteliales mamarias especialmente al inicio de la lactación (Triana, 2009). Las moléculas de GGT son absorbidas fácilmente los recién nacidos por lo que la actividad de la GGT sérica es alta en los terneros que consumen calostro (Bouda *y col*., 1980; Quezada *y col*., 2014). Güngör *y col*., (2004), reportan la actividad de la GGT en suero bovino con niveles superiores a 1047 U/L, por lo que sugieren que la TIP se llevó de manera adecuada. Por otra parte, Lombardi *y col*., (2001) demuestran que existe una correlación positiva entre el consumo del calostro y la actividad de la GGT, ellos reportan que al tiempo de 0 h del nacimiento, las becerras muestran valores de la GGT de 35.0 ± 19.0 U/L y que después de que ingieren el calostro los valores se incrementan a 1563.0 ± 1283 U/L (Zanker y col., 2001). De la misma manera Bender y Bostedt, (2009), realizaron una investigación con becerras recién nacidas para determinar la relación de las Ig´s con la GGT donde sus resultados a las 12 h fueron de 291.9 U/L. Estudios realizados por Jozica *y col.,* (2010) y Quezada *y col.,* (2014), también reportan haber encontrado una correlación positiva entre la actividad de la enzima GGT y la concentración de IgG.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó entre enero 2021 a diciembre del 2022, los muestreos de calostros y sangres de las becerras recién nacidas fue llevados a cabo en explotaciones lechera altas productoras de leche ubicadas en la zona del Altiplano Mexicano. Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Patología Diagnóstica del Departamento de Ciencias Veterinaria del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. La alimentación de las vacas incluyó el uso de ensilaje de maíz (*Zea mays*), cebada seca (*Hordeum vulgare*), rastrojo de maíz (*Zea mays*) y alfalfa achicalada (*Medicago sativa*) y alimento concentrado.

Mediante ordeño mecánico se obtuvieron los calostros en las primeras dos horas después del parto de las vacas, se obtuvieron muestras de 250 mL de cada calostro (n=100), las cuales fueron colocadas en una bolsa estéril Whirl-Pack® con capacidad de 500 mL. Fueron identificadas con el número de la vaca, almacenadas y congeladas a -20° C en un ultra congelador Digital Computarizado marca Fisher hasta su uso.
Se realizaron curvas de calibración para la actividad enzimática de GGT y concentración de IgG en suero de calostro y sangre, mediante técnicas espectrofotométrica con el kit comercial Pointe Scientific y el método de Turbidez del Sulfato de Zinc Heptahidratado (SO4Zn7H2O) de acuerdo con la técnica descrita por Pfeiffer (1977) respectivamente.
El calostro fue descongelado en una tina de baño maría marca Felisa® a una temperatura de 37° C. Se tomaron muestras de 1.5 mL en tubos eppendorff, inmediatamente fueron centrifugados a 18000 rpm durante cinco min a una temperatura de 4°C en una centrifuga refrigerada Universal 320R Hettich Zentrifugen, se separó la grasa de cada uno de los tubos. Posteriormente fueron centrifugados nuevamente a 18000 rpm dos veces durante 1.0 h. a una temperatura de 4°C, fueron retirados los sueros sobrenadantes y depositados en tubos eppendorff, congelados a -20° C hasta su uso.
Se seleccionaron 300 becerras recién nacidas de 38.0 ± 3.0 kg, libres de cualquier enfermedad aparente y no haber evidenciado problemas de distocias al parto. El calostro fue suministrado en base al 10% de su PC para todos los animales. Los animales fueron distribuidos de manera aleatoria en dos grupos de 150 becerras cada uno. Al grupo uno de animales recibió calostro fresco y el grupo dos de animales recibieron el calostro tratado térmicamente, en ambos casos dentro de las primeras 2 a 6 h de nacimiento. Se llevó a cabo la identificación individual de cada uno de los animales (arete), con los datos: fecha de nacimiento, peso al nacimiento (0 días) y se colocaron en jaulas individuales.
Para realizar la evaluación las actividades enzimáticas de la GGT y de las concentraciones de IgG en los sueros sanguíneos, de cada una de las muestras de las becerras seleccionadas para el estudio, se realizó la obtención de 5 mL de sangre por venopunción a las 0, 12 y 24 h, después del nacimiento con una aguja de calibre 20*x*38 mm de la marca BD Vacutainer con la ayuda de un Holder (Portatubos BD Vacutainer®), las muestras de sangre se depositaron en tubos con activador de coagulación y gel separador con capacidad de 5 mL (13*x*100 mm) de la marca BD Vacutainer. Se dejaron reposar las muestras durante 40 minutos, después fueron centrifugadas a 2500 rpm durante 10 minutos con una centrífuga de la marca LW Scientific ® modelo Ultra-8D. Se separaron los sueros y se depositaron en tubos eppendorf Capp® y se congelaron a -20 °C hasta su uso.
La actividad enzimática de GGT de cada una de las muestras de los sueros de calostro y de sangre fueron determinadas con un kit comercial (POINTE SCIENTIFIC, INC, LIQUID GGT) en un analizador BTS-350 de la marca ByoSystems de acuerdo con las indicaciones del inserto del proveedor. Mientras que las concentraciones de IgG se determinaron con la técnica descrita por Pfeifer (1977), en un espectrofotómetro Marca Varían Modelo Cary 100 a una longitud de onda de 600 nm.
Se realizó la recopilación de los datos obtenidos, estos datos fueron ingresados y ordenados en la base de datos de Excel (Microsoft Office 365). Los datos se sometieron a un análisis de varianza con el software Statistical Analysis System (SAS. 1999), para posteriormente someterlas a un análisis de comparación de las medias de los tratamientos con la prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia $P < 0.05$. Así mismo los datos de IgG y GGT fueron sometidos a un análisis de correlación simple en un Software de computadora (Prisma, 2020).

Resultados.
Figura 1, se muestran los resultados obtenidos de la actividad enzimática de la GGT en el suero del calostro sin y con tratamiento térmico, donde podemos observar que las actividades enzimáticas de la GGT son muy similares en su comportamiento en el suero de calostros sin y con el calentamiento térmico con promedios de 31345 ± 11833.22 y 35498 ± 11402.79 U/L respectivamente ($P>0.05$). Estos resultados nos indica que las actividades enzimáticas de la GGT en calostro son muy elevadas en comparación de los niveles de actividad enzimática de las becerras en sangre, además de que aunque no observamos un efecto del tratamiento térmico de calostro sobre la actividad de la GGT si hay una tendencia a estar sus niveles de actividad enzimática más incrementadas en los calostros que fueron tratados térmicamente.

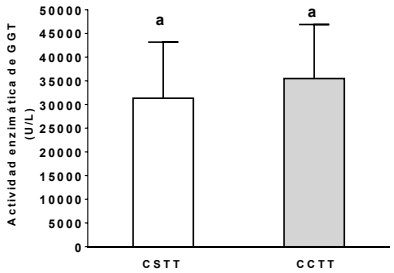


Figura 1. Actividad enzimática de la GGT (U/L) en suero de calostro con o sin tratamiento térmico*. En calostro sin tratamiento térmico (CSTT) y calostro con tratamiento térmico (CCTT), se presentan las medias ± error estándar (n= 100). Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05), mediante* la *técnica de calostrometría.*

En la figura 2, se muestran los resultados de la concentración de IgG en suero del calostro obtenidos por espectrofotometría, en los calostros con y sin el tratamiento térmico, donde podemos observar la concentración de IgG fueron mayor en el suero de calostros sin calentamiento térmico que los calostros calentados térmicamente con promedios de 108.8 ± 2.79 y 90.0 ± 2.58 U/L (P<0.05). Estos resultados nos indica por un lado que si hay un efecto del tratamiento térmico de calostro con respecto a los valores obtenidos de las concentraciones de IgG ya que esto representa un decremento del 6.3% con respecto al calostro que no recibió el tratamiento térmico (P<0.05). Por otra parte, nuestros resultados también nos permiten determinar que los valores de las concentraciones de IgG obtenidos de los sueros del calostro de las vacas recién paridas a pesar de que se sometieron al tratamiento térmico estos se encuentran dentro de los valores de muy buena calidad (>50 g/L).

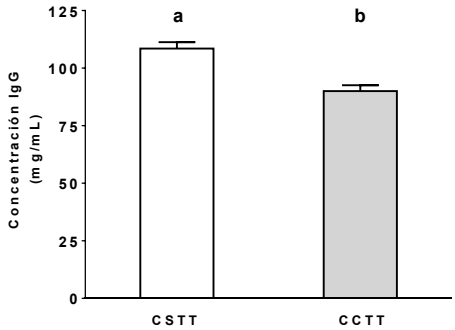


Figura 2. Concentraciones de IgG (mg/mL) en suero de calostro con o sin tratamiento térmico (UI/L)*. En calostro sin tratamiento térmico (CSTT) y calostro con tratamiento térmico (CCTT), se presentan las medias ± error estándar (n= 100). Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05), mediante* la *técnica de calostrometría.*

Las actividades enzimáticas de la enzima GGT en los sueros sanguíneos se muestra en la Figura 3. Donde se puede apreciar que el comportamiento de esta actividad enzimática mostro ser más elevada a las 24 h de vida de las becerras para ambos grupos de animales bajo estudio con valores promedio de 1003.9 ± 62.5 UI/L para el grupo de animales que recibo los calostros sin tratamiento térmico y de 1270.0 ± 135.0 para el grupo de animales que recibió calostro tratado térmicamente. De la misma manera, pudimos observar a las 24 h de vida de las becerras que recibieron el calostro tratado térmicamente, los valores de la actividad enzimática de la GGT presento un incremento del 25.6% de esta actividad de GGT con respecto a los animales que no recibieron calostro tratado térmicamente. Por otro lado, en ambos grupos de animales a las 48 h se observó un comportamiento similar que a las 24 h en cuanto a que fue mayor en el grupo de animales que recibieron calostro tratado térmicamente con respecto a los que no recibieron el calostro tratado térmicamente (671.7 ± 36.4 y 763.0 ± 72.6), respectivamente), lo que representa un decremento de la actividad de la enzima de GGT para el grupo de animales que no recibieron el calostro del 33.0%, mientras que para el grupo que si recibió el calostro tratado térmicamente del 40.0% (P<0.05).

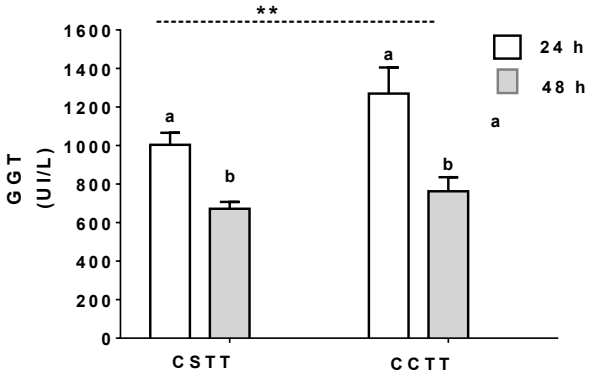


Figura.3*. *Actividad Enzimática de la GGT (UI/L) en suero sanguíneo con y sin tratamiento térmico. *En becerras alimentadas con calostro sin o con tratamiento térmico. (T1) Becerras alimentadas con calostro sin tratamiento térmico (n=150); (T2) Becerras alimentadas con calostro con tratamiento térmico (n=150). Se presentan las medias ± error estándar. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05).*

Las concentraciones de IgG, en los sueros sanguíneos se muestra en la Figura 4. Donde se puede apreciar que el comportamiento de la concentración de IgG mostro ser más elevada a las 48 h de vida de las becerras para ambos grupos de animales bajo estudio, con valores promedio de 30.33 ± 1.19 mg de IgG/mL para el grupo de animales que recibo los calostros sin tratamiento térmico y de 36.56 ± 1.96 mg de IgG/mL para el grupo de animales que recibió calostro tratado térmicamente. De la misma manera, pudimos observar a las 48 h de vida de las becerras que recibieron el calostro tratado térmicamente, los valores de la concentración de IgG presento un incremento del 8.8% de la concentración de IgG con respecto a los animales que no recibieron calostro tratado térmicamente. Por otro lado, en ambos grupos de animales a las 48 h se observó un comportamiento similar que a las 24 h en cuanto a que fue mayor en el grupo de animales que recibieron calostro tratado térmicamente con respecto a los que no recibieron el calostro tratado térmicamente (36.56 ± 1.96 y 30.33 ± 1.19 mg de IgG/mL, respectivamente), lo que representa un decremento de de la concentración de IgG para el grupo de animales que no recibieron el calostro del 7.1%, mientras que para el grupo que si recibió el calostro tratado térmicamente del 40.0% (P<0.05)..

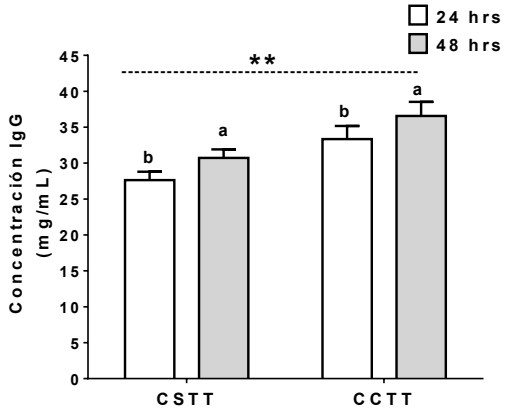


Figura 4. Concentraciones de IgG (mg/mL) en sueros sanguíneos. *En becerras alimentadas con calostro sin y con tratamiento térmico. (T1) Becerras alimentadas con calostro sin tratamiento térmico a las 24 y 48 h (n=150); (T2) Becerras alimentadas con calostro tratado térmicamente a las 24 y 48 h (n=150). Se presentan las medias ± error estándar. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05).*

Podemos observar en la figura 5, la correlación positiva que existe entre las concentraciones de IgG (mg/mL) y la actividad enzimática de la GGT (U/L) en las primeras 24 h (panel A) (r=0.84) y las 48 h (panel B) de nacimiento (r=80), en las becerras alimentadas con calostro sin tratamiento térmico.

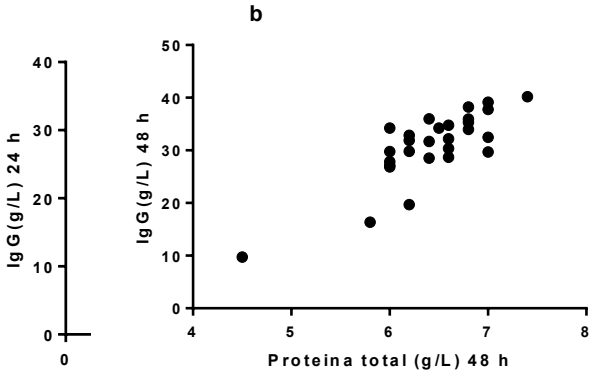
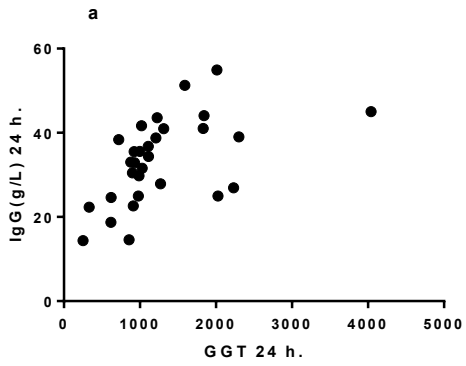


Figura 5. Resultados de la correlación entre las concentraciones de IgG y actividad de GGT en suero sanguíneo. *En becerras alimentadas con calostro sin tratamiento térmico a las 24 (panel A) y 48 h (Panel B) (n=150).*

En esta figura 6, la correlación positiva que existe entre las concentraciones de IgG (mg/mL) y la actividad enzimática de la GGT (U/L) en las primeras 24 h (panel A) (r=0.84) y las 48 h (panel B) de nacimiento (r=80), en las becerras alimentadas con calostro tratados térmicamente.



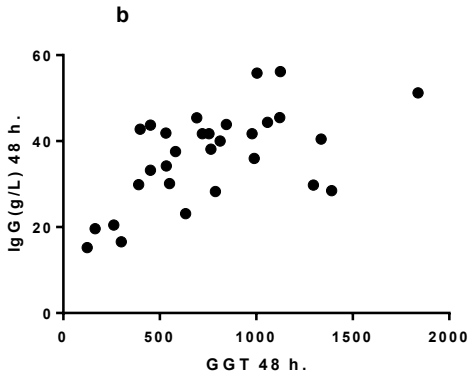


Figura 6. Resultados de la correlación entre las concentraciones de IgG y actividad de GGT en suero sanguíneo*. En becerras alimentadas con calostro tratados térmicamente. a las 24 (panel A) y 48 h (Panel B) (n=150).*

Discusión

A pesar de los beneficios establecidos por la alimentación oportuna de volúmenes adecuados de calostro que contienen más de 50 g de IgG por L, muchos productores siguen utilizando prácticas deficientes en el manejo del calostro que aumentan el riesgo de morbilidad y mortalidad de los terneros lecheros (Vasseur y col., 2010). Los principales factores de riesgo incluyen no evaluar la calidad del calostro con los cuales se alimentan a los becerros, que puede tener concentraciones inadecuadas de IgG o estar contaminado por bacterias (Vasseur y col., 2010). Así mismo, el factor porcentaje de absorción del calostro es otro punto que generalmente no se considera en la alimentación de las becerras para alcanzar una buena TIP en las becerras. Las malas prácticas en el manejo contribuyen de manera definitiva en una alta prevalencia de la FTIP. Estudios realizados en EUA han estimado más de un 15% de las terneras con FTIP y que al menos en el 41% de las explotaciones lecheras se han detectado a un ternero con FTIP (Beam y col., 2009). La Transferencia de Inmunidad Pasiva se define como la transferencia de IgG del calostro al recién nacido, y las

concentraciones séricas de IgG ≥ 10 mg de IgG por mL en las primeras 72 h de vida significa una TIP exitosa (Tyler y col., 1996; BAMN, 2001).
En el calostro bovino se han encontrado más de 40 enzimas importantes entre ellas la GGT (Elitok, 2018). Weaver y col. (2000), demostraron una correlación positiva entre la actividad de la enzima GGT y la concentración de IgG en sangre de las becerras. Mientras que Quezada y col., (2014) señalaron que la actividad de la enzima GGT en sangre de las becerras presentan niveles altos en las becerras que consumen cantidades adecuadas de calostro dentro de las primeras 24 h de vida. Por otra parte, Carrillo y Loaiza (2009) y Quezada y col., (2014) Filho y col., (2016) han recomendado la determinación de la actividad enzimática de GGT en sangre para uso como biomarcador de una adecuada TIP en becerras recién nacidas. Los resultados de este estudio nos permiten señalar que la actividad enzimática de la GGT sanguínea de las becerras en las primeras 24 y 48 h de nacidas si puede ser un biomarcador de una buena TIP de las becerras recién nacidas. Es importante continuar realizando estudios que permitan seguir reforzando el uso de la actividad enzimática de la GGT como biomarcador del manejo adecuado de la administración del calostro en las explotaciones lecheras y su correlación con los niveles de IgG en sangre.
Estudios han demostrado que la tasa de FTIP se disminuye drásticamente cuando los terneros reciben más de 100 g de IgG en las primeras dos a seis horas de vida (Besser y col., 1991).
Asegurar la TIP de la IgG a la becerra depende en gran medida del volumen, la concentración de IgG en el calostro, del tiempo de la administración y de la Eficiencia Aparente de Absorción del calostro (Godden, 2008: López y col., 2021). Lo que en este estudio fue demostrado principalmente que los valores de IgG en sangre observados en los grupos de animales que fueron alimentados con el calostro con y sin tratamiento térmico fue de manera adecuada considerando como base el 10% de su PV y que los niveles de IgG están por arriba de 10 mg/mL sugeridos.

Conclusiones.
La actividad enzimática de la GGT se expresa de manera muy eficiente tanto en el calostro como en la sangre de becerras que son sido alimentadas con un manejo adecuado del calostro, por lo que su uso como biomarcador de una buena TIP es aceptable. Asimismo, nos refleja un buen manejo del calostro en los animales recién nacidos en las explotaciones lecheras.
El tratamiento térmico del calostro si bien tiene un efecto negativo como se demostró en nuestro estudio, ya que redujo la calidad del calostro en cuanto a la concentración de IgG en un 6% con respecto al calostro fresco. Sin embargo, la concentración de los niveles de IgG en el grupo de animales que fueron alimentados con ellos presentaron valores más elevados de la concentración de IgG en sangre.
Finalmente con nuestros resultados podemos concluir que si existe una correlación positiva entre la actividad enzimática de GGT y los niveles de IgG en sangre principalmente a las 24 h de vida de las becerras.

Referencias

Araúz, E. E. 2008. El calostro de la vaca y sus propiedades organolépticas, químicas e inmunológicas. En: Análisis y procedimientos de laboratorio, tópicos especiales para el manejo fisiológico e investigaciones en producción lechera. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Pag. 9 – 11.

BAMN (Bovine Alliance on Management and Nutrition). 2001. A guide to colostrum and colostrum management for dairy calves. http://www.aphis.usda.gov/vs/caeh/ncahs-/nahms/dairy/bamn/BAMNColostrum.pdf Accessed April 9, 2021.

Beam, A.L., J.E. Lombard, C.A. Kopral, L.P. Garber, A.L. Winter, J.A. Hicks, and J.L. Schlater. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. J. Dairy Sci. 92:3973-3980.

Bender, P., Bostedt, H. 2009. Determination of IgG and IgM levels in sera of newborn calves until the 10th day of life by ELISA and description of their correlation to total plasma protein concentration and GGT activity. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 116(2): 44-52

Besser, T.E., C.C. Gay, and L. Pritchett. 1991. Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. J. Am. Vet. Med. Assoc. 198:419-422.

Bouda J., V. Dvorak, E. Minksova, R. Dvorak. 1980. The Activities of GOT, Gamma- GT, Alkaline Phosphatase in Blood Plasma of Cows and Their Calves Fed from Buckets. *Acta veterinaria Brno.* 49. 193-198

Bulusu S, Sharma M. 2016. What does serum glutamyltransferasetell us as a cardiometabolic risk marker. Ann Clin Biochem. 53(Pt 3), 312–332, doi: 10.1177/0004563215597010.
Carrillo, A. F., & Loaiza, V. (2009). Assessment of the passive transference of immunity in calves through metabolic indicators. Acta Agronómica, 58(3).

Conneely, M, Berry, D, Sayers, R, Murphy, J, Lorenz, I, Doherty, M, Kennedy, E., 2013. Factors associated with the concentration of immunoglobulin G in the colostrums of dairy cows. Animal. pp: 1824-1832.

Elitok, B. (2018). Indicators of passive immunity failure in neonatal calves. Oncology Research and Reviews, 1(3), 1–2. https://doi.org/10.15761/orr.1000113

Elizondo, J., 2007. Importancia del calostro en la crianza de terneros. Revista ECAG informa, Nº 40 Abril-Junio 2007

Elizondo-Salazar, J.A., and A. Heinrichs. 2009. Feeding heat-treated colostrum or unheated colostrum with two different bacterial concentrations to neonatal dairy calves. J. Dairy Sci. 92:4565-4571.

Filho, L. C. N., Pereira, C. E. S., Chineze, P. H. N., Bogado, A. L. G., Bronkhorst, D. E., Lunardi, M., & Okano, W. (2016). Use of the enzyme gamma-glutamyl transferase (GGT) as an indirect measure of passive transfer of immunity in holstein calves and association with the occurrence of diarrhea after birth. Bioscience journal, 32(2),

Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 24:19-39.

Godden, S.M., D.J. Smolenski, M. Donahue, J.M. Oakes, R. Bey, S. Wells, S. Sreevatsan, J. Stabel, and J. Fetrow. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. J. Dairy Sci. 95:4029-4040.

Jozica, J., Nemec. M., Malovrh, T. y Klinkon, M. 2010. Indicators of passive immunity and health status of calves. *Acta Veterinaria* 60(5-6): 513-523

Lombardi, P., Avallone, L., Pagnini, U., D'angelo, D., y Bogin, E. 2001. Evaluation of buffalo colostrum quality by estimation of enzyme activity levels. *Journal Food Product*. 64:1265-1267

Lopez A. J., Yohe T.T. Echeverry-Munera J. Nagorske M. Renaud D. L. and Steele M. A. 2021. Effect of a low or high frequency colostrum feeding protocol on immunoglobulin G absorptionin newborn calves. 105: 7
.
Pfeiffer, N., T. Mcguire, R. Bendel, J. Weikel. 1977. Quantitation of Bovine Immunoglobulins: Comparison of Single Radial Immunodiffusion, Zinc Sulfate Turbidity, Serum Electrophoresis, and Refractometer Methods. Am. J. Vet. Res. 38: 693-698.

Quezada T. T. García-Flor V. L. Ortiz-Martínez R. Arredondo-Figueroa J. L. Medina-Esparza L. E. Valdivia-Flores A. G. and Montoya-N, A. 2014. Biochemical parameters in the blood of Holstein calves given immunoglobulin Y-supplemented colostrums. BMC Veterinary Research 10:159: 1 – 7.

Robinson, J.D.; Stott, G.H.; DeNise, S.K. 1988. Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. J. Dairy Sci. 71:1283-1287

Statiscal Analysis System (SAS). 199, 2001. General Linear Models (GLM). North Caroline State Universality, Raleigh, NC, USA.

Swaisgood, H. E., 1995: Enzymes indigenous to bovine milk. In: Jenscer, R. G. (ed.), Handbook of Milk Composition. *Academic Press*. 472- 476.

Triana, E. (2009). Evaluación del efecto de alcachofa (*Cynara scolymus L*.) sobre la producción en ganadería de leche. Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia
Tyler, J.W., D.D. Hancock, S.M. Parish, D.E. Rea, T.E. Besser, S.G. Sanders, and L.K. Wilson. 1996. Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves. J. Vet. Intern. Med. 10:304-307.

Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., & Barrington, G. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. Journal of Veterinary Internal Medicine / American College of Veterinary Internal Medicine, 14(6), 569–577. https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2000.tb02278.x

Vasseur, E., F. Borderas, R.I. Cue, D. Lefebvre, D. Pellerin, J. Rushen, K.M. Wade, and A.M. de Passille. 2010. A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. J. Dairy Sci. 93:1307-1315.

Zanker, I.A, Hammon, H.M., Blum, J.W., 2001. Activities of gamma-glutamyltransferase, alkaline phosphatase and aspartate-aminotransferase in colostrum, milk and blood plasma of calves fed first colostrum at 0-2, 6-7, 12-13 and 24-25 h after birth. Journal of Veterinary Medicine and Physiology, Pathology, Clinical Medicine 48: 179–85.

FACTORES QUE AFECTAN LOS VALORES HEMATOLÓGICOS DE BOVINOS EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

González G.R.*

*, Flores S.E.J, Córdova P.C.

Resumen

Los parámetros hematológicos ayudan al diagnóstico de trastornos relacionados a la salud del animal y además permiten evaluar el manejo en los animales como consecuencia de los cambios en nutrición, sanidad y mejoramiento genético. El objetivo del estudio fue determinar los valores hematológicos de bovinos en Tabasco, México, en referencia a algunos factores que los afectan. El estudio se realizó en el estado de Tabasco, México, se visitaron un total de 17 ranchos y se obtuvieron de la vena caudal un total de 495 muestras de sangre de bovinos. Se determinó la biometría hemática utilizando un analizador hematológico automático Medonic CA-620TM. Las variables respuesta consideraron las épocas del año que se clasificaron en época fría (octubre a febrero), seca (marzo a mayo) y de lluvias (junio a septiembre). La edad se evaluó en base a las categorías: becerros animales de menos de 12 meses de edad, novillos de 1 a 2 años, reemplazos de 2 a 3 años y vacas las que ya hubieran tenido al menos una cría. Los parámetros hematológicos mostraron ser sensibles a la mayor parte de los factores estudiados, por lo que hubo diferencias originadas por la edad de los animales y el sexo de los mismos. También entre las épocas del año se observaron diferencias ($P<0.05$). Los becerros menores a un año presentaron mayores valores en el eritrón que los animales mayores a dos años de edad, pero se registró el menor volumen celular (MCV) y proteína plasmática (TPP). En los animales adultos, se observó el mayor número de eosinófilos. El eritrón y la fórmula blanca presentaron diferencias entre machos y hembras ($P<0.01$) y las únicas variables que fueron similares entre hembras y machos fueron los componentes de la fórmula plaquetaria y la PPT. Las hembras tuvieron mayor cantidad de eosinófilos y mayor MCV. Durante la época de secas, se observaron los mayores valores del eritrón, entre ellos el mayor hematocrito (31.6 ± 5.9 %), el mayor conteo de glóbulos rojos (7.6 ± 1.7) y el tamaño de los glóbulos rojos fue mayor (42.3 fL). Por otra parte, en la época de nortes la hemoglobina (11.4 g/dL) fue mayor. En la serie blanca el número de glóbulos blancos fue menor en secas (11.6 $x10^6$/mL). La serie plaquetaria fue mayor en época de lluvias. Entre años también se observaron diferencias ($P<0.05$) en la mayoría de los parámetros hematológicos. De lo anterior se concluye que los valores hematológicos están influenciados por la edad de los animales, el estado fisiológico y los factores ambientales

Introducción

Los parámetros hematológicos ayudan al diagnóstico de trastornos relacionados a la salud del animal y además permiten conocer el resultado del manejo de los animales como consecuencia de los cambios en nutrición, sanidad y mejoramiento genético. Los estudios hematológicos muestran diferencias debido una gran diversidad de factores por los cuales los animales ajustan sus respuestas fisiológicas (Rashamol et al., 2018). Entre los principales factores que afectan los valores hematológicos se encuentran las condiciones climáticas, y de altitud sobre el nivel del mar (Ocampo et al., 2011), por lo que las variaciones fisiológicas y hematológicas representan, medidas útiles de comodidad y adaptabilidad al estrés térmico (Abdelatif & Alameen, 2012; Wangui et al., 2018). El efecto de la raza también es importante porque las consecuencias del estrés cambian de acuerdo al genotipo del animal (Nikhil Kumar Tej et al., 2018). También se han indicado diferencias debido a la edad y al estado fisiológico de los animales (Jacob et al., 2019). Los valores hematológicos

* *Roberto González Garduño. Carretera Teapa-V. Guerrero. Teapa, Tabasco. México. rgonzalezg@chapingo.mx. 9361005321.

normalmente se comparan contra los de referencia, los cuales se han generado a partir de un grupo de animales sanos (George et al., 2010). Sin embargo, como la variabilidad fisiológica en los perfiles hematológicos del ganado está originada por la edad, sexo, dieta, condición corporal, estado reproductivo, actividad física reciente, hidratación, temperatura ambiental y altitud (Roland et al., 2014), es requisito indispensable tener valores de referencia adecuados de comparación, ya que en muchos casos los rangos son tan amplios que muchos animales podrán estar dentro del rango normal por no contar con los parámetros más cercanos a las condiciones adecuadas de un sitio o región (Jacob et al., 2019), por lo que algunos estudios recomiendan establecer rangos de referencia de acuerdo a las poblaciones de ganado actuales (George et al., 2010; Roland et al., 2014). Por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar los valores hematológicos de bovinos criados en el trópico de México en referencia a algunos factores que los afectan.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el estado de Tabasco, México. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con 2000 a 2500 mm de precipitación y temperatura de 24 a 26°C (CONAGUA, 2021).

Durante 2019 se visitaron un total de 17 ranchos en los que los animales se inmovilizaron en mangas de manejo para tomar muestras de sangre en un total de 495 bovinos.

Variables hematológicas evaluadas

Se extrajeron 3 ml de sangre completa de la vena caudal en tubos vacutainer con EDTA. El análisis de sangre se realizó utilizando un analizador hematológico automático Medonic CA-620TM. Las variables medidas fueron conteo de glóbulos rojos (RBC), hematocrito (HCT), volumen celular medio (MCV), hemoglobina (HGB), hemoglobina corpuscular media (MCH), concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC), ancho de distribución de glóbulos rojos (RDW), plaquetas (PLT), índice de plaquetas (PCT), volumen plaquetario medio (MPV), ancho de distribución plaquetaria (PDW), recuento de glóbulos blancos (WBC), linfocitos (LYM), granulocitos (GRAN) y células medianas (MID).

Las épocas del año se clasificaron en época fría (Octubre a febrero), época seca (marzo a mayo) y época de lluvias (junio a septiembre) de acuerdo a lo indicado en la región de estudio (Larios & Hernández, 1992). Las edades se asociaron con la categoría de los animales, se consideraron becerros animales de menos de 12 meses de edad, novillos a los animales de 1 a 2 años, reemplazos a los de 2 a 3 años y vacas las que ya hubieran tenido al menos una cría.

Análisis estadístico

Para la determinación del efecto en los índices hematológicos se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del SAS (SAS, 2017), en donde se incluyeron época del año, edad del ganado y etapa fisiológica. El modelo quedó de la siguiente manera:

$$Y_{ijklmn} = \zeta_i + \psi_j + \Omega_k + \varepsilon_{ijkl}$$

ζ_i= Efecto del i-ésimo sexo del animal (i= Hembra, macho)

ψ_j= Efecto de la j-ésima categoría del animal (j= Adulto, novillo, becerro, reemplazo)

Ω_k = Efecto de la k-ésima época del año (k=Lluvias, nortes y secas)

ε_{ijkl}= Error experimental

Resultados

Los parámetros hematológicos de bovinos en el estado de Tabasco (Cuadro 1) mostraron ser sensibles a la mayor parte de los factores estudiados, por lo que hubo diferencias originadas por la edad de los animales y el sexo de los mismos. También entre las épocas del año se observaron diferencias ($P<0.05$).

Edad de los animales

En el análisis por edad, se observó que los becerros menores a un año presentaron mayores valores en HTC, RBC, HGB, RDW, plaquetas, WBC y LYMF, que los animales mayores a dos años de edad. Pero se registró el menor MCV y TPP. En los animales adultos, se observó el mayor número de eosinófilos, GRAN, MCV y MID, mientras que se observó el menor HTC, RBC, RDW y WBC. Mientras que novillos y animales de reemplazo mostraron valores intermedios en muchos de los parámetros hematológicos.

Sexo del animal

El eritrón y la fórmula blanca presentaron diferencias entre machos y hembras ($P<0.01$) y las únicas variables que fueron similares entre hembras y machos fueron los componentes de la fórmula plaquetaria (PLT, PCT, MPV y PDW) y la PPT. Mientras que la fórmula roja favoreció a los machos al presentar mayor HTC, RBC, HGB y RDW, también la fórmula blanca tuvo mayores valores en los machos. Mientras que las hembras tuvieron mayor cantidad de eosinófilos, mayor MCV y MCHC.

Época del año

Durante la época de secas, se observaron los mayores valores del eritrón, entre ellos el mayor hematocrito (31.6 ± 5.9 %), el mayor conteo de glóbulos rojos (7.6 ± 1.7) y el tamaño de los glóbulos rojos fue mayor (42.3 fL). Por otra parte, en la época de nortes la hemoglobina (11.4 g/dL) fue mayor. En la serie blanca el número de glóbulos blancos fue menor en secas (11.6 x10^6/mL) y el mayor conteo de células medianas también ocurrió en ésta época. La serie plaquetaria fue mayor en época de lluvias. Entre años también se observaron diferencias ($P<0.05$) en la mayoría de los parámetros hematológicos.

Cuadro 1. Valores hematológicos en bovinos en Tabasco, México

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
HTCman (%)	29.7	4.6	15	46
HTCana (%)	29.9	4.8	12.8	47.6
TPP (g/dL)	7.5	0.7	4.8	9.8
RBC (10^6/mL)	7.1	1.4	3.3	12.0
MCV (fL)	42.8	6.0	28	65.5
RDW (fL)	16.5	2.1	11.9	27.9
HGB (g/dL)	10.0	1.5	3.7	15
MCH (pg)	14.4	2.1	1.2	23.3
MCHC (g/dL)	33.8	1.9	28.5	45.1

PLT (10^6/mL)	169.7	95.2	16	919
PCT (%)	0.1	0.1	0.02	1.03
MPV (fL)	7.2	0.6	6	11.1
PDW (fL)	8.8	0.9	0.2	13.5
WBC (10^6/mL)	11.9	4.0	3.8	29.9
LYMF (10^6/mL)	49.0	10.8	8.4	76
GRAN (10^6/mL)	28.1	11.7	8.1	58.4
MID (10^6/mL)	23.4	14.6	2.8	295
EOS (10^6/mL)	968.6	821.0	25	7225

HCTman hematocrito manual, **HCTana** hematocrito de la máquina, **TPP** proteína plasmática, **EOS**, eosinófilos, **RBC** conteo de glóbulos rojos, **MCV** volumen celular medio, **RDW** ancho de distribución de glóbulos rojos, **HGB** hemoglobina, **MCHC** concentración de hemoglobina corpuscular media, **PLT** plaquetas, **PCT** plaquetocrito, **MPV** volumen medio plaquetario, **PDW** ancho de distribución de plaquetas, **WBC** conteo de glóbulos blancos, **LYMF** linfocitos, **GRAN** granulocitos, **MID** células medianas.

Discusión

Los parámetros hematológicos obtenidos en los bovinos del presente estudio mostraron diferencias debido a los factores estudiados (edad, sexo, época del año). De manera similar a otros estudios, se observó que la edad (Jacob et al., 2019) fue uno de los factores que afectaron los valores hematológicos. Además de la edad, un aspecto importante fue el estado fisiológico (Botezatu et al., 2014), por lo que se encontraron diferencias muy notables entre machos y hembras. En estas últimas se han indicado diferencias entre gestantes, lactantes o vacías (Jacob et al., 2019), aspecto que no se registró en este estudio. Otro de los factores estudiados que afectaron la respuesta hematológica fueron los factores ambientales, de ellos destacan la temperatura y humedad (Wangui et al., 2018), por lo cual las épocas del año mostraron diferencias. Además de los factores que fueron estudiados, se han indicado cambios en los parámetros hematológicos debido a aspectos nutricionales (Herd et al., 2019), de manejo, y otros que no fue posible determinar en el estudio porque la información se obtuvo en muchas unidades de producción con diferente alimentación, genética, reproducción, sanidad. De lo anterior se concluye que los valores hematológicos están influenciados por la edad de los animales, el estado fisiológico y los factores ambientales.

Literatura citada

Abdelatif, A. M., & Alameen, A. O. (2012). Influence of season and pregnancy on thermoregulation and haematological profile in crossbred dairy cows in tropical environment. *Global Veterinaria*, *9*(3), 334–340. https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2012.9.3.65130

Botezatu, A., Vlagioiu, C., Codreanu, M., & Oraşanu, A. (2014). Biochemical and hematological profile in cattle effective. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, *71*(1), 27-30–30. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:71:1:9544

CONAGUA. (2021). *Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas*. Http://Smn.Cna.Gob.Mx/Climatologia/Normales/Estacion/Tab/NORMAL27068.TXT.

George, J. W., Snipes, J., & Lane, V. M. (2010). Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. *Veterinary Clinical Pathology*, *39*(2), 138–148.

https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2009.00208.x

Herd, R. M., Velazco, J. I., Smith, H., Arthur, P. F., Hine, B., Oddy, H., Dobos, R. C., & Hegarty, R. S. (2019). Genetic variation in residual feed intake is associated with body composition, behavior, rumen, heat production, hematology, and immune competence traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, *97*(5), 2202–2219. https://doi.org/10.1093/jas/skz077

Jacob, N., Arya, J. S., Padodara, R. J., & Gajbhiye, P. (2019). Haematological assessment of healthy Gir cattle on an established farm. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *7*(3), 465–469.

Larios, R., & Hernández, J. (1992). *Fisiografía, ambientes y uso agrícola de la tierra en Tabasco* (U. A. Chapingo (ed.)). Chapingo.

Nikhil Kumar Tej, J., Girish Varma, G., Abhina, M., Adarsh, N., Karthiayini, K., & Gleeja, V. L. (2018). Impact of season on haematological and biochemical parameters of crossbred female calves in hot and humid tropics. *Biological Rhythm Research*, *49*(2), 267–275. https://doi.org/10.1080/09291016.2017.1354486

Ocampo, N. N., Cueva, M. Se., Vásquez, C. M., Ayón, S. M., & Lira, M. B. (2011). Valores hematológicos de bovinos jersey sometidos a condiciones de hipoxia crónica de la altura (Hematology values of jersey cattle exposed to cronic high altitude hypoxia). *Redvet*, *7*, 875–893.

Rashamol, V. P., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Archana, P. R., & Bhatta, R. (2018). Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, *6*(3), 62–71. https://doi.org/10.26667/2318-1265jabb.v6n2p62-71

Roland, L., Drillich, M., & Iwersen, M. (2014). Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *26*(5), 592–598. https://doi.org/10.1177/1040638714546490

SAS. (2017). *SAS/STAT User´s Guide* (S. Inst. (ed.); Release 6.).

Wangui, J. C., Bebe, B. O., Ondiek, J. O., & Oseni, S. O. (2018). Application of the climate analogue concept in assessing the probable physiological and haematological responses of Friesian cattle to changing and variable climate in the Kenyan Highlands. *South African Journal of Animal Science*, *48*(3), 572. https://doi.org/10.4314/sajas.v48i3.18

VIDEO SOBRE EL MANEJO INTEGRAL DEL DESBOTONE EN BECERRAS LECHERAS

Marín M.B., Álvarez R.L.

* Bernardo de Jesús Marín Mejía. bjmarin@unam.mx, 4142803136. Modalidad: Video. Área: Bienestar y salud Animal.

Resumen

El desbotone es la práctica en que se elimina el botón germinal del cuerno. El procedimiento más utilizado requiere de cauterizar el botón luego de la infiltración analgésica y contención física del animal. Es uno de los procedimientos que mayor preocupación generan por su potencial para afectar el bienestar animal. En los programas de estudio, la práctica se encuentra enlistada como una de las habilidades a realizar y a aprender, considerando aspectos de manejo general, analgesia, sujeción física, comportamiento y resultados del procedimiento. En la presente propuesta, se hace la presentación de un video, aprobado por el claustro de profesores de la asignatura Zootecnia de Bovinos Productores de Leche de la FMVZ UNAM, sobre el desbotone. El objetivo del video es presentar y describir, paso a paso, el procedimiento del desbotone mediante cauterización térmica en becerras lactantes. La estructura del video incluye introducción, objetivo, materiales, sujeción adecuada del animal, rasurado, inervación-anestesia, prueba de sensibilidad, temperatura del cautín, cauterización del botón, retiro del botón, liberación del animal y recuperación-cicatrización. El material se presenta como una herramienta de difusión y enseñanza para estudiantes y técnicos, además de sugerirse como guía para un procedimiento de manejo estándar en los hatos. Se sugiere que, la adopción de los elementos incluidos en el video permite atenuar los riesgos para el bienestar animal, se facilita el manejo para el operador, además de que se refuerza la calidad de la enseñanza del procedimiento con los estudiantes.

Introducción

El desbotone es el procedimiento que se realiza para evitar el crecimiento de los cuernos y es práctica común en la industria productora de leche. El procedimiento más utilizado aplica cauterización con hierro caliente, lo que representa una preocupación de bienestar animal importante, no sólo durante la práctica misma sino también durante el periodo de cicatrización de la lesión que se produce (Adcock y Tucker, 2018; Stanek *et al.*, 2018; Adcock *et al.*, 2019). La enseñanza del procedimiento, recogiendo elementos actualizados de manejo general, seguridad para el manejador y consideraciones de bienestar animal puede apoyarse de material adicional en forma de videos claramente estructurados y con buenos resultados (Winder *et al*., 2018). El presente documento presenta un video con el objetivo de describir, paso a paso, el procedimiento del desbotone mediante cauterización térmica en becerras lactantes.

Métodos

El material fue filmado durante el año 2019, en el contexto de un proyecto de investigación encaminado a identificar el tiempo de cicatrización de las lesiones generadas por el desbotone. El material fue editado y se generó un video con 16min:28s de duración, que incluyó secciones como: introducción, objetivo, materiales, sujeción adecuada del animal, rasurado, inervación-anestesia, prueba de sensibilidad, temperatura del cautín, cauterización del botón, retiro del botón, liberación del animal y recuperación-cicatrización de las lesiones.

Resultados

A continuación se presenta la narración que se escucha en el video:

Materiales que se requieren. Para un buen desarrollo de la práctica, se necesita contar con un mecanismo de sujeción adecuado del animal; aquí utilizaremos un dispositivo elaborado por nosotros mismos, que consta de un sujetador rígido para la cabeza, fijado en el extremo de una placa de

madera, como lo veremos más adelante. Será indispensable contar con un anestésico para el bloqueo nervioso de la región. En la práctica utilizamos lidocaína al 2%. Se puede utilizar un desbotonador a gas o eléctrico. Nosotros utilizaremos el dispositivo eléctrico, uno de los más utilizados en la actividad. Queremos monitorear adecuadamente la temperatura del desbotonador, por lo que utilizaremos un termómetro de infrarrojo. Será importante contar con un par de guantes de gamuza para protección del operador; y se utilizará también una rasuradora o instrumental para corte de pelo.

Sujeción adecuada del animal. Aunque no debe esperarse un forcejeo importante del animal si la anestesia es adecuadamente administrada, para un manejo más seguro, cómodo y gentil se deberá utilizar un mecanismo sencillo de sujeción. Aquí sugerimos el uso de un sujetador rígido de cabeza, fijado a una placa de madera que se monta sobre la malla de la jaula de la becerra con el uso de un par de ganchos. Como se puede ver, el sujetador de cabeza se coloca en el borde perforado de la madera, abrazando también la malla, y se asegura con un par de tornillos hasta que quede firme. Entonces el dispositivo estará listo para acercar al animal. Todo el manejo necesario, previo y posterior a la práctica, podrá hacerse fácilmente aquí, sin forcejeos y de manera segura para el personal y para el animal mismo. El animal debe ser llevado gentilmente y sin forcejeos innecesarios hacia el sujetador ya montado, y su cabeza dirigida cuidadosamente hacia la entrada del dispositivo. Con el hocico del animal dentro, se asegura el cordón por detrás de las orejas de la becerra para mantenerla en posición. Es muy útil colocar un vendaje sobre los ojos del animal para disminuir reacciones a estímulos visuales. Todo ello permitirá un procedimiento rápido, tranquilo y seguro.

Rasurado. Es recomendable cortar el pelo alrededor de cada botón. Esto ayuda a identificar con mayor claridad cada botón y su extensión sobre el cráneo del animal. Si el botón no es claramente perceptible a la vista o el tacto, deberá esperarse unos días a que ello suceda. De otro modo se corre el riesgo de cauterizar de manera parcial el tejido germinal y el cuerno podrá seguir creciendo.

Inervación, anestesia. En estos animales, la inervación del cuerno está dada por la rama local del nervio zigomático-temporal. El nervio se localiza en la región posterior al ojo y en dirección a la base del cuerno. La misma dirección deberá tomar la inyección del fármaco. Es indispensable infiltrar adecuadamente con un aproximado de 5 mililitros del anestésico en cada lado. Debe asegurarse que la infiltración se hace de manera subcutánea, evitando administrar por vía venosa.

Prueba de sensibilidad. Una vez transcurridos entre 5 y diez minutos, y previo a la cauterización, es importante evaluar el grado de sensibilidad en la región. Una manera eficaz de hacerlo es estimular suavemente con la punta de la aguja alrededor de cada botón. Si la infiltración del anestésico se hizo correctamente, no debería haber reacción alguna del animal. Aunque este procedimiento es útil para tener una idea del grado de sensibilidad en el área, se debe insistir en que, si el animal reacciona forcejeando o vocalizando durante el desbotone, será necesario administrar anestésico nuevamente.

Verificación de temperatura. El cautín desbotonador debe tener la temperatura apropiada. Es conveniente verificar esto mediante un termómetro de infrarrojo. El modelo de desbotonador utilizado aquí puede alcanzar hasta 600 grados centígrados, pero será suficiente si ha llegado a los 400 grados. De otra manera, la cauterización del botón podría necesitar más tiempo, o hacerse de modo incompleto. Si la temperatura del desbotonador no puede ser medida con un instrumento preciso, se tendrá una buena idea de ello al poner en contacto el cautín con una pieza de madera lisa, plana y sin corteza. Si el desbotonador deja una marca clara y permanente sobre la madera, se puede considerar que el dispositivo está listo.

Cauterización del botón. La cauterización del botón debe ser un procedimiento preciso, y rápido. El contacto del cautín desbotonador y el botón debe hacerse aplicando una ligera presión y con movimientos suaves y circulares. Después de cada contacto, se inspecciona para evaluar el avance y asegurar que todo el botón está siendo cauterizado. Por lo regular, un total de 3 o cuatro contactos son suficientes, con un tiempo total de contacto de entre 10 y 15 segundos por botón. Insistir en un

mayor tiempo de contacto, particularmente si se presiona con fuerza extrema, presenta el riesgo de sobrecalentamiento, pudiendo lesionar tejido cerebral, y en casos extremos se pueden incluso presentar perforaciones craneales. Este procedimiento debería ser suficiente para cauterizar por completo el botón y detener su desarrollo. El tejido necrótico resultante se desprenderá en el lapso de algunas semanas sin que aparezcan indicios de material córneo. En ocasiones, sin embargo, si la cauterización no fue adecuada, la permanencia del botón permitiría el resurgimiento del cuerno. Ello se evita si el botón cauterizado es también retirado como parte de la práctica.

Retiro del botón. Con el botón cauterizado como se acaba de ver, se utiliza nuevamente el desbotonador para desprender por completo el botón germinal. Con movimientos circulares y empujando cuidadosamente hacia los lados hasta su remoción, dejando visible una capa subcutánea de color claro compuesta principalmente de tejido adiposo. Se ha demostrado que el retiro del botón de esta manera hace menos probable que el cuerno aparezca en edades posteriores, además de que podría acelerar la cicatrización.

Liberación. Finalmente, y después de aplicar un desinfectante o repelente si se considera necesario, el animal puede ser fácilmente liberado de la estructura de sujeción que usamos, destrabando la correa que abraza la cabeza. El animal es regresado a su corraleta y el procedimiento ha terminado. Durante las primeras 24 a 48 horas luego de la práctica, se recomienda la administración de analgésicos para ayudar al animal a sobrellevar las molestias y el dolor que se presentan una vez que recupera la sensibilidad en la zona intervenida.

Recuperación. La cicatrización de la lesión, normalmente es un proceso que no tiene mayores complicaciones. En condiciones normales de higiene, no suele presentarse infección alguna, pero si la higiene general no se garantiza, puede ser recomendable el uso de desinfectantes o repelentes de moscas. La cicatrización se completa en periodos que pueden ir desde las siete hasta las 13 semanas; si la operación fue realizada adecuadamente, el tejido cierra sin que se presente material córneo alguno, lo que es signo inequívoco de que la práctica fue realizada de manera correcta.

El material se encuentra disponible para su consulta en la siguiente liga:

https://www.youtube.com/watch?v=RCIrXrr5jfw

Referencias

Adcock, S.J.J. y Tucker, C.B. (2018). The effect of disbudding age on healing and pain sensitivity in dairy calves.*Journal of Dairy Science*, 101, 10361-10373.

Adcock, S.J.J., Vieira, S.K., Alvarez, L. y Tucker, C.B. (2019). Iron and laterality effects on healing of disbudding wounds. *Journal of Dairy Science*, 102, 10163-10172.

Staneck, S., Sárová, S., Nejedlá E., Slosárkovác, S., Dolezal, O. (2018). Survey of disbudding practice on Czech dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101, 830-839.

Winder, Ch., LeBlanc S., Haley D., Lissemore M., Godkin A. y Duffield T. (2018). Comparison of online, hands-on, and a combined approach for teaching cautery disbudding technique to dairy producers. *Journal of Dairy Science*, 101, 840-849.

ANÁLISIS DE LA MORTALIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN CORRAL DE ENGORDA EN EL ALTIPLANO DE MÉXICO

Guzmán O.D.G.*, Galarde L.M., Sánchez Z.L.M., Alonso D.M.A, Pulido A.A.R.

Resumen

En la etapa de recepción en la engorda intensiva de becerros se realiza la mayor parte del manejo del ganado, debido al desembarque de los animales y a la implementación de las prácticas zootécnicas y preventivas. El objetivo de este trabajo fue analizar la mortalidad en la etapa de recepción de los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda. Se realizó un estudio de cohorte, durante agosto-diciembre de 2022 y febrero-mayo de 2023. Se analizó la etapa de recepción (21 días) de 30 lotes de ganado bovino. Se aplicó una lista de chequeo para describir las condiciones del transporte de los animales, las instalaciones de desembarque, las prácticas zootécnicas y de medicina preventiva y las instalaciones de recepción. Se encontró una prevalencia de mortalidad de 0.75% en la etapa de recepción. Dentro de las prácticas que menos se realizan es la medición de la temperatura corporal y contar con un médico veterinario, además los corrales de desembarque y recepción presentaban alta densidad de animales.

Introducción

Dentro de los sistemas intensivos de producción de carne bovina se encuentran los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda, los cuales tienen una duración aproximada de producción de 120 días. Este periodo de producción se puede dividir en cuatro etapas: recepción, iniciación, transición y finalización.(Carrillo-Herrera et al., 2016) Con anterioridad se han informado de una tasa de mortalidad de entre el 1.5% al 5% en este tipo de sistemas de producción animal.(Rumor et al., 2015; Vogel et al., 2015) Algunos de los principales factores que afectan la salud los animales en engorda se pueden categorizar en ambientales y de manejo(Johnson et al., 2017; Noffsinger et al., 2015). El objetivo de este trabajo fue analizar la mortalidad en la etapa de recepción de los sistemas de producción de bovinos en corral de engorda, a través de la evaluación de sus condiciones de transporte de los animales y la aplicación de prácticas zootécnicas y de medicina preventiva.

Material y métodos

Diseño y área de estudio

Estudio de cohorte, prospectivo, durante agosto-diciembre de 2022 y enero-mayo de 2023. Se analizó la etapa de recepción (21 días) de treinta lotes de ganado bovino, en siete sistemas de producción en corral de engorda ubicados en el estado de Querétaro, México.

Instrumentos de estudio

Se aplicó una lista de chequeo integrada con las siguientes secciones : i) transporte de los animales, ii) características de la infraestructura del área de desembarque, iii) manejo zootécnico y de medicina preventiva, iv) prácticas de bienestar animal, asi como v) características de la infraestructura de los corrales de estancia durante la etapa de recepción.

Análisis estadístico

* *Diana Guadalupe Guzmán Olmos. Carretera Federal Tequisquiapan-Ezequiel Montes km 8.5, Tequisquiapan, Querétaro, México, 76790. guzman.diana18@gmail.com, 01(55)78781120.

El análisis de los datos consistió en la descripción de las variables utilizando medidas de tendencia central, así como frecuencias absolutas y relativas. Los análisis estadísticos se hicieron con el software Stata 15®.

Resultados

De los treinta lotes de ganado bovino analizados, siete estaban ubicados en el municipio de Ezequiel Montes y veintitrés en el municipio de Tequisquiapan. El tiempo promedio de traslado de los animales fue de 15 horas (min. 6 horas - máx. 26 horas; DE 5.5 horas). Se reportó una mortalidad del 0.75% (n= 17 bovinos) de los 2,263 animales. El 86.7% (26/30) contaban con piso antiderrapante en la rampa de desembarque. En cuanto a los corrales de desembarque, el 93.3% (28/30) de los lotes del estudio presentaba una alta densidad de animales en el corral de recepción. La medición de la temperatura corporal no se realizó en el 93.3% (28/30) de los lotes. El médico veterinario zootecnista no estuvo presente en el 23.3% (7/30) de los lotes del estudio. En los corrales de recepción se observó que la densidad de al menos 18 m^2 por animal.

Discusión y conclusiones

Con anterioridad, se ha denotado la importancia de medir la morbilidad y la mortalidad ya que han sido declarados los mejores indicadores del bienestar animal. Los resultados obtenidos en cuanto a la prevalencia de la mortalidad puede estar relacionados con las condiciones de las instalaciones, el personal y las prácticas zootécincas y de medicina preventiva que utilizan los sistemas de producción animal que se incluyeron en este estudio.

Referencias

Carrillo-Herrera, J., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Carrete-Carreón, F., Reyes-Estrada, O., & Livas-Calderón, F. (2016). Productive performance and carcass characteristics of steers fed with glucogenic precursor. *Abanico Veterinario*, *6*(1), 13–21.

Johnson, K. K., & Pendell, D. L. (2017). Market impacts of reducing the prevalence of bovine respiratory disease in United States beef cattle feedlots. *Frontiers in Veterinary Science*, *4*(NOV). doi: 10.3389/fvets.2017.00189

Noffsinger, T., Lukasiewicz, K., & Hyder, L. A. (2015). Feedlot Processing and Arrival Cattle Management. In Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice (Vol. 31, Issue 3, pp. 323–340). W.B. Saunders. doi: 10.1016/j.cvfa.2015.06.002

Rumor, C., Brscic, M., Contiero, B., Cozzi, G., & Gottardo, F. (2015). Assessment of finishing beef cattle mortality in a sustainable farming perspective. *Livestock Science*, *178*, 313–316. doi: 10.1016/j.livsci.2015.06.013

Vogel, G. J., Courtney, Bokenkroger, D., Rutten-Ramos, S. C., Bargen, J. L., Health, E. A., & Vogel, G. (2015). *A retrospective evaluation of animal mortality in US feedlots: rate, timing, and cause of death*.

PATRÓN CIRCADIANO DE LA TEMPERATURA VAGINAL EN CIERVO ROJO (*Cervus elaphus*)

Álvarez R.L.*, Sánchez C.A.

Resumen

El carácter circadiano de la temperatura corporal ha sido registrado en diversas especies animales. El ciervo rojo se ha llevado a amplias regiones del mundo como una opción más a la producción de alimentos, algunas de esas regiones pueden representar desafíos térmicos importantes para el animal. El objetivo del presente estudio fue describir el patrón diario de la temperatura vaginal en hembras de ciervo rojo (*Cervus elaphus*) en pastoreo en el altiplano queretano. Un total de 10 hembras adultas recibió implantes vaginales conteniendo un registrador automático de temperatura que fue retirado luego de 10 días de registro efectivo. La temperatura vaginal diaria promedio presentó un comportamiento claramente circadiano ($p<0.05$, prueba cosinor), con valores medios (mesor) de 38.8 °C y amplitud de 0.40 °C. La fase diurna del día se caracterizó por valores de temperatura vaginal ascendentes, mientras que la fase nocturna mostró valores claramente descendentes. Los valores más bajos del ritmo se presentaron a las 07 h del día y los más altos a las 19 h. La temperatura promedio vaginal diaria mostró una relación positiva alta ($r=0.80$, $r^2=0.64$) con la temperatura ambiental y baja ($r=0.40$) con la temperatura de bulbo negro ($p<0.05$). Se concluye que la temperatura vaginal diaria tiene un comportamiento circadiano en las hembras de ciervo rojo.

Introducción

La temperatura corporal es uno de los indicadores fisiológicos más relevantes del animal. Su valor específico puede indicar un estado metabólico determinado, la presencia de infecciones o la exposición a un medio ambiente desafiante (Burfeind et al., 2011; De et al., 2017; Godyń et al., 2019; Lee et al., 2015).

Se ha demostrado que la temperatura rectal y la temperatura vaginal coinciden, por lo que ambos sitios pueden utilizarse de modo indistinto para registrar la variable (Burdick et al., 2012; Lees et al., 2018; Maeder et al., 2012; Suthar et al., 2013). El registro vaginal mediante el uso de dispositivos de captura automáticos adheridos a insertos vaginales tiene la ventaja de que la recogida de información ocurre sin alterar al animal (Álvarez et al., 2023).

El patrón que presenta la temperatura corporal en un animal suele tener un comportamiento circadiano controlado por el sistema nervioso central. Dicho patrón ha sido identificado en una amplia variedad de especies, y en todos los casos el patrón específico parece reflejar en alguna medida efectos ambientales del ciclo luz-oscuridad, disponibilidad de alimento, actividad física y temperatura ambiental, entre otros (Refinetti, 2010).

En el ciervo rojo (*Cervus elaphus*), se ha descrito el ritmo circadiano de la temperatura corporal durante el invierno con valores promedio de 38.7 °C, amplitud de 0.38 °C, y con máximos y mínimos ocurriendo durante la tarde-noche y la mañana respectivamente (Álvarez et al., 2023). Durante los meses cálidos, en que esta especie se encuentra expuesta a condiciones térmicas desafiantes (Alvarez Ramírez et al., 2021), la temperatura corporal y su comportamiento no ha sido completamente descrita. El objetivo del presente trabajo fue describir el comportamiento diario de la temperatura corporal obtenida por la vía vaginal en hembras de ciervo rojo en pastoreo durante el mes de mayo en el altiplano queretano.

* *Lorenzo Álvarez R., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, alorenzo@unam.mx, 414 291 8100.

Material y métodos

La propuesta fue revisada y aprobada por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de Animales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la UNAM (protocolo #028).

El trabajo se realizó en el rebaño perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano de la FMVZ, de la UNAM, ubicado en Tequisquiapan, Querétaro. A un total de 10 ciervas adultas multíparas se les insertó un dispositivo electrónico de registro automático continuo de temperatura, del modo en que fue descrito por Alvarez et al. (2023). El dispositivo fue previamente programado para registrar la temperatura vaginal con una frecuencia de cada 10 min. Una vez transcurridos diez días de registro continuo, los dispositivos fueron retirados y la información recuperada. Los animales fueron sedados apropiadamente para su manejo durante la inserción y el retiro de los artefactos.

Durante todo el estudio y de acuerdo con el manejo rutinario del rebaño, los animales se mantuvieron en condiciones de pastoreo rotacional en praderas de 5000 m^2 cultivadas con alfalfa (*Medicago sativa*), con agua de bebida disponible permanentemente y sin acceso a sombra.

Los horarios de salida y puesta del sol fueron registrados diariamente desde una plataforma disponible en línea (www.wunderground.com), la temperatura ambiental y de bulbo negro fueron registradas directamente en la zona de pastoreo a una altura de 1.5 m de altura con dispositivos acondicionados para ello (Alvarez et al., 2013).

La información fue analizada mediante estadística descriptiva y el uso de pruebas cosinor para evaluar el patrón rítmico de la temperatura corporal (Molcan, 2019). Se realizaron pruebas de correlación Pearson y regresión para identificar la relación entre la temperatura corporal y las variables ambientales registradas.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra la temperatura vaginal promedio en el grupo de ciervas en cada uno de los diez días de registro. La temperatura vaginal registrada mostró un patrón claramente rítmico y su carácter circadiano fue confirmado mediante el análisis cosinor ($p<0.00001$). El patrón rítmico coincide con lo publicado previamente en la especie durante el invierno (Álvarez et al., 2023).

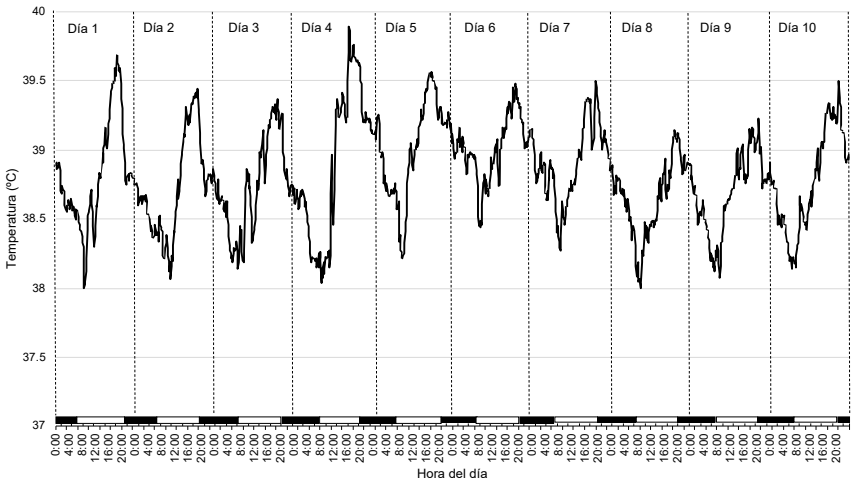


Figura 1. Patrón diario promedio de la temperatura vaginal durante los diez días consecutivos de registro en hembras de ciervo rojo en pastoreo. Las barras blancas y negras horizontales representan las fases de luz y oscuridad de acuerdo con los horarios de salida y puesta del sol respectivamente.

El valor promedio de la temperatura vaginal registrado, o mesor, fue de 38.8 °C, con una amplitud en la distribución sinusoide de 0.40 °C. Los valores máximos se presentaron a las 19 horas y los valores mínimos a las 07 horas del día. En la figura 2 se presenta la información promedio obtenida y la curva cosinor construida.

Se encontró una correlación positiva alta entre la temperatura vaginal promedio y la temperatura ambiental promedio ($r=0.80$, $r^2=0.64$, $p<0.0005$). Una correlación similar ha sido descrita durante el invierno en el mismo tipo de hembras (Álvarez et al., 2023), y confirma el efecto aceptado que tiene la variable ambiental en algunas características del patrón térmico registrado en los animales. Los ritmos circadianos en la temperatura corporal son una característica documentada en varias especies de animales, con un incremento claramente visible durante la fase diurna y una disminución durante la noche (Ayo et al., 1999; Piccione et al., 2005; Zakari et al., 2018). Resultados similares se encontraron en las hembras del presente estudio. La relación entre la temperatura vaginal y la temperatura de bulbo negro fue baja, aunque significativa ($r=0.40$, $p<0.05$).

El ritmo circadiano de la temperatura corporal es controlado directamente por el sistema nervioso central, aunque es modificado en sus características por diversos factores ambientales. Los ciclos de luz-oscuridad, la temperatura ambiental, la disponibilidad de alimento y la actividad física son elementos que claramente afectan el aspecto específico del patrón, alterando sus valores promedio y su amplitud (Refinetti, 2010). En cabras, la exposición a una temperatura ambiental diferente no elimina el ritmo circadiano, pero sí afecta de modo significativo su valor promedio y su amplitud (Piccione et al., 2005). En ciervo rojo no se conoce información sobre estas afectaciones, pero es previsible que animales expuestos a condiciones climáticas extremas (alta temperatura ambiental y radiación solar) sufran las mismas alteraciones (Alvarez Ramírez et al., 2021).

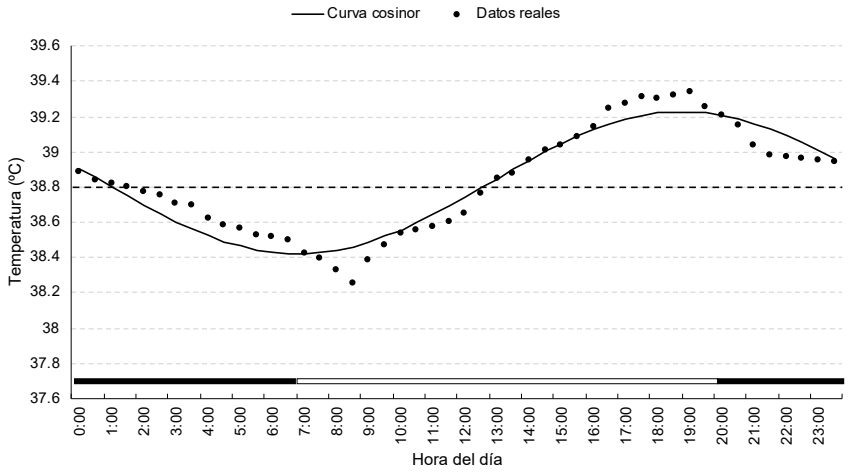


Figura 2. Patrón promedio de la oscilación diaria en la temperatura vaginal (datos reales) y curva cosinor para la temperatura vaginal en hembras de ciervo rojo en pastoreo durante el mes de mayo. Las barras blancas y negras horizontales representan las fases de luz y oscuridad de acuerdo con los horarios de salida y puesta del sol respectivamente.

Conclusión

La temperatura vaginal de las hembras de ciervo rojo muestra un patrón circadiano bien definido, ajustándose significativamente a una curva sinusoide con periodo de 24 h, mesor de 38.8 °C y una amplitud de 0.40 °C. La fase diurna se caracterizó por valores ascendentes, mientras que la fase nocturna se caracterizó por valores descendentes.

Literatura citada

Alvarez, L., Guevara, N., Reyes, M., Sánchez, A., Galindo, F., 2013. Shade effects on feeding behavior, feed intake, and daily gain of weight in female goat kids. J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res. 8, 466–470.

Álvarez, R.L., Arteaga, S.G., Sánchez, C.A., 2023. Vaginally use of iButton loggers to measure body temperature in grazing red deer (Cervus elaphus). Lat. Am. Arch. Anim. Prod. 31 In prog.

Alvarez Ramírez, L., Mejía Huerta, N.G., Sánchez Cervantes, A., 2021. Artificial shade effects on behavior and body weight of pregnant grazing red deer (Cervus elaphus). J. Vet. Behav. 44, 32–39.

Ayo, J.O., Oladele, S.B., Ngam, S., Fayomi, A., Afolayan, S.B., 1999. Diurnal fluctuations in rectal temperature of the Red Sokoto goat during the harmattan season. Res. Vet. Sci. 66, 7–9.

Burdick, N.C., Carroll, J.A., Dailey, J.W., Randel, R.D., Falkenberg, S.M., Schmidt, T.B., 2012. Development of a self-contained, indwelling vaginal temperature probe for use in cattle research. J. Therm. Biol. 37, 339–343.

Burfeind, O., Suthar, V.S., Voigtsberger, R., Bonk, S., Heuwieser, W., 2011. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. J. Dairy Sci. 94, 5053–5061.

De, K., Kumar, D., Saxena, V.K., Naqvi, S.M.K., 2017. Study of circadian rhythmicity of physiological response and skin temperature of sheep during summer and winter in semi-arid tropical environment. Physiol. Behav. 169, 16–21.

Godyń, D., Herbut, P., Angrecka, S., 2019. Measurements of peripheral and deep body temperature in cattle – A review. J. Therm. Biol. 79, 42–49.

Lee, Y., Bok, J.D., Lee, H.J., Lee, H.G., Kim, D., Lee, I., Kang, S.K., Choi, Y.J., 2015. Body temperature monitoring using subcutaneously implanted thermo-loggers from Holstein steers. Asian-Australasian J. Anim. Sci. 29, 299–306.

Lees, A., Lea, J., Salvin, H., Cafe, L., Colditz, I., Lee, C., Lees, A.M., Lea, J.M., Salvin, H.E., Cafe, L.M., Colditz, I.G., Lee, C., 2018. Relationship between rectal temperature and vaginal temperature in grazing Bos taurus heifers. Animals 8, 156.

Maeder, B., Arlt, S., Burfeind, O., Heuwieser, W., 2012. Application of vaginal temperature measurement in bitches. Reprod. Domest. Anim. 47, 359–361.

Molcan, L., 2019. Time distributed analysis by cosinor. Online application. bioRxiv 805960.

Piccione, G., Bertolucci, C., Costa, A., Di Mauro, S., Caola, G., 2005. Daily rhythm of body and auricle temperature in goats kept at two different ambient temperatures. Biol. Rhythm Res. 36, 309–314.

Refinetti, R., 2010. The circadian rhythm of body temperature. Front. Biosci. (Landmark Ed. 15, 564–94.

Suthar, V., Burfeind, O., Maeder, B., Heuwieser, W., 2013. Agreement between rectal and vaginal temperature measured with temperature loggers in dairy cows. J. Dairy Res. 80, 240–245.

Zakari, F.O., Ayo, J.O., Rekwot, P.I., Kawu, M.U., Minka, N.S., 2018. Daily rhythms of rectal and body surface temperatures in donkeys during the cold-dry (harmattan) and hot-dry seasons in a tropical savannah. Int. J. Biometeorol. 62, 2231–2243.

PATOLOGÍAS EN OVINOS DE COLIMA, MÉXICO: ESTUDIO DEL 2019-2021.

García V.J.L.[1*]., Zambrano A.A.[1]., Ruíz R.J.A.[1]., García M.L.J.[2]., Macedo B.J.R.[1]., Lizama M.T.[3]., Bedolla A.M.[4.]., Prado R.O.F.[1]., Ramírez R.R.[5].

Resumen
El objetivo fue determinar las principales patologías diagnosticadas durante 2019 al 2021 mediante el estudio *post mortem* en ovinos (*Ovis aries*) del estado de Colima, México. Se realizaron 80 necropsias y el sistema donde se presentaron más hallazgos fue el digestivo 33/80 (41.25%), seguido del respiratorio 24/80 (30%), linfático 8/80(10%), piel 7/80 (8.75%), músculo-esquelético 4/80 (5.0%), sistema nervioso central 3/80 (3.75%) y finalmente el endocrino 1/80 (1.25%). Los resultados de las necropsias y la histopatología, se agruparon en las siguientes categorías: infecciosas no parasitarias 36/80 (45.0%), infecciosas parasitarias 27/80 (33.75%), tóxicas 7/80 (8.75%), físicas 6/80 (7.50%), nutricionales y metabólicas 4/80 (5.0%). Los principales diagnósticos fueron rinitis micótica 27.7%, Hemoncosis 25.9%, Linfadenitis caseosa 22.2% y la fotosensibilización hepática causada consumo de *Brachiaria*. los datos epidemiológicos y patológicos presentados en este estudio pueden ayudar a identificar las principales enfermedades que afectan a los ovinos en el trópico mexicano.

Palabras clave: ovinos, patología, enfermedades.

Introducción

Los ovinos (*Ovis aries*) son rumiantes con estacionalidad reproductiva Y dependiendo de la raza pueden tener nacimientos múltiples. En México los sistemas de producción ovina para carne se desarrollan bajo un esquema de tipo regional: en la región Centro se produce carne con razas de lana y de pelo, en cuanto a la región Sursureste con razas de pelo las que predominan. En México existen sistemas de producción muy variados, determinados por la disponibilidad de recursos y por las costumbres del consumo. Dependiendo de la raza y manejo los procesos de crecimiento, desarrollo y finalización intensiva tienen una duración de 120 a 150 días, la engorda inicia al momento del destete. Se considera que los animales destinados al abasto requieren pesar entre 35 kg y 40 kg en promedio, se necesitan de 75 a 90 días para alcanzarlos (SIAP 2021., SADER 2018., AMCO, 2007). La crianza de ovinos es una actividad de importancia económica para la sociedad, pues aprovechando de sus características como la rusticidad, conducta gregaria y dócil para su manejo en sistemas de pastoreo, ha tenido una rápida difusión, y mediante la adaptación de razas especializadas con los distintos sistemas (SIAP 2021., SADER 2018., AMCO, 2007). En México, la mayor parte de la carne de ovino se obtiene de ganado criollo o cruzado, sólo una pequeña proporción del ganado corresponde a razas puras. La población ovina nacional hasta el 2019 era de 8,683,835 cabezas y el estado de Colima cuenta con solo 17, 528 animales (SIAP 2021., SADER 2018., AMCO, 2007). En 2021 la producción promedio fue de 66 mil toneladas en canal, su principal consumo es de barbacoa. En 2021 destacan el Estado de México e Hidalgo, que aportan una cuarta parte de la producción nacional. El consumo anual per cápita es de 520 g y la participación en la producción nacional pecuaria 0.3%. En el ranking mundial, México es el 34° productor mundial con 64,031 toneladas de carne, y contribuye con el 1% al volumen mundial de carne de ovino (SIAP 2021). Las unidades de producción ovina en México, en la actualidad cuentan con una pobre infraestructura, mala alimentación, mal manejo y prácticas sanitarias deficientes, todos estos factores favorecer la aparición y el aumento de enfermedades, así como el aumento de

[*] *García Valle Jorge Luis. Facultada de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Carretera Colima - Manzanillo, Km 40, Tecomán, Colima. CP 28100. Correo electrónico: jgarcia22@ucol.mx Celular: 55 312 1401755.
Modalidad: oral. Área: bienestar y salud animal.
[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima. [2]Patología Diagnóstica Veterinaria, Colima, México. [3]Laboratorio de Patología del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Colima (CEFPPC). [4]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Patología de la Universidad Nacional Autónoma de México. [5]Patología Diagnóstica Veterinaria, Nuevo León, México.

mortalidades, causando pérdidas económicas y baja productividad. Las mortalidades en esta especie están frecuentemente relacionadas con agentes infecciosos y no infecciosos (Almalaik et al., 2008, Rissi et al., 2010, Almeida et al., 2013, Soundararajan 2014, Douglas & Sargison 2018, Murray et al., 2019, Awaludin et al., 2020, Cecco et al., 2021). El objetivo fue determinar las principales patologías diagnosticadas durante el 2019 al 2021 mediante el estudio *post mortem* en ovinos (*Ovis aries*) del estado de Colima, México.

Materiales y Métodos

Se realizaron 80 necropsias de ovinos, durante los años 2019 al 2021 en el estado de Colima, México (INEGI, 2020). El procedimiento de sacrificio de los ovinos, se basó en la NOM-033-SAG/ZOO-2014, y la aprobación del Comité de Bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima, con el acta 002/2019, basándose en las buenas prácticas de manejo, clínica, necropsias e investigación de acuerdo con la normatividad vigente. Las necropsias se efectuaron en los Laboratorios de Patología y Diagnóstico Animal de la FMVZ-Universidad de Colima, así como del Laboratorio de Patología del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de Colima (CEFPPC). Se incluyeron variables correspondientes a la especie (raza, sexo, edad) y diagnóstico *post mortem* (sistema involucrado, tipo de patología y asociación o identificación del agente causal). Los casos se agruparon en cinco categorías: a) infecciosas no parasitarias, b) infecciosas parasitarias, c) tóxicas, d) físicas, e) nutricionales y metabólicas. No se incluyeron fetos abortados, placentas y mortinatos en este estudio, por lo complicado para preservarlos. Durante las necropsias se tomaron muestras de 3 cm^2 de los órganos y se fijaron en formalina amortiguada al 10% para procesarse con la técnica histológica de rutina, se cortaron a 5µm de grosor y se tiñeron con Hematoxilina-Eosina (HE) y tinciones especiales (Periodic Acid Schiff, Gram, Gomori-Grocott, Ziehl Neelsen y Von Kossa). Se describieron las lesiones macroscópicas y microscópicas, además se realizaron pruebas complementarias como la inmunofluorescencia para el diagnóstico de rabia, estudios de parasitología, toxicología y pruebas de inmunohistoquímicas para identificar a *Conidiobolus lamprauges* y *Phityum insidiosum* y el retrovirus del Jaagsiekte (Prophet et al., 1992, Ubiali et al., 2013, De las Heras et al., 2014).

.

Resultados

Los datos de sexo, cruzas y la etapa de producción de los ovinos estudiados se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Registro de sexo, razas, etapa de producción de los 80 ovinos estudiados por patología procedentes del estado de Colima, México.

Sexo	**N/%**	**Raza/cruza**	**N/%**	**Producción**	**N/%**
Hembra	49 (61.25)	Pelibuey	57 (71.25)	Lactante	15 (18.75)
Macho	31 (38.75)	Katahdin	11 (13.75)	Destetado	28 (35)
		Merino	6 (7.5)	Borregas	32 (40)
		Dorper	6 (7.5)	Semental	5 (6.25)
Total	80	**Total**	80	**Total**	80

El sistema donde se presentaron más hallazgos fue el digestivo 33/80 (41.25%), seguido del respiratorio 24/80 (30%), linfático 8/80(10%), piel 7/80 (8.75%), músculo-esquelético 4/80 (5.0%), sistema nervioso central 3/80 (3.75%) y finalmente el endocrino 1/80 (1.25%). Los resultados de las necropsias e histopatología se agruparon en las siguientes categorías: infecciosas no parasitarias 36/80 (45.0%), infecciosas parasitarias 27/80 (33.75%), tóxicas 7/80 (8.75%), físicas 6/80 (7.50%), nutricionales y metabólicas 4/80 (5.0%), como se describen en los cuadros 2 al 6. Las principales enfermedades diagnosticadas fueron rinitis micótica 27.7%, Hemoncosis 25.9%, Linfadenitis

caseosa 22.2% y la fotosensibilización hepática causada por intoxicación de *Brachiaria* spp., como se muestra en los cuadros del 2-6.

Cuadro 2. Frecuencia de las enfermedades infecciosas no parasitarias en ovinos del estado de Colima, México durante 2019 al 2021.

Enfermedad	**Órgano**	**Causal/asociado**	**No**	**%**
Micótica Condiobolomicosis	Nariz	*Conidiobolus lamprauges*	10	27.7
Bacteriana Linfadenitis caseosa	Linfonodos	*Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis.*	8	22.2
Bacteriana Bronconeumonía supurativa Pasteurelosis ovina	Pulmón	*Pasteurella multocida.* *Mannheimia (Pasteurella) haemolytica.* *Pasteurella trehalosi.*	5	13.8
Bacteriana (Clostridiasis)	Hígado	*Clostridium perfringens*	3	8.3
Viral (Ectima contagiosa)	Piel	Parapoxvirus	2	5.5
Bacteriana Abscesos	Pulmón	*Trueperella pyogenes*	2	5.5
Viral Neumonía intersticial	Pulmón	Adenovirus	1	2.7
Viral Neumonía intersticial-VRS	Pulmón	Paramixovirus	1	2.7
Viral Adenocarcinoma Jaagsiekte	Pulmón	Retrovirus	1	2.7
Bacteriana Paratuberculosis	Intestino	*Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*	1	2.7
Bacteriana Listeriosis	SNC	*Listeria monocytogenes*	1	2.7
Viral (Rabia)	SNC	Rhabdovirus Lyssavirus	1	2.7
		TOTAL	**36**	**99.2**

Cuadro 3. Frecuencia de las enfermedades infecciosas parasitarias diagnosticadas en ovinos del estado de Colima, México del 2019 al 2021.

Enfermedad	**Órgano**	**Causal/asociado**	**No**	**%**
Hemoncosis	Abomaso	Nematodo *Haemonchus contortus*	7	25.9
Oesofagostomiasis	Nódulos Intestino	Nematodo *Oesophagostomum*	3	11.1
Parafistomiasis	Rumen	Trematodo *Paramphistomum*	3	11.1
Teladorsagiosis	Rumen	Nematodo *Teladorsagia*	3	11.1
Coccidiosis	Intestino	Protozoario *Eimeria*	3	11.1
Sarcocistosis	Músculo	Protozoario *Sarcocystis*	2	7.40
Co-infección	Varios	Varios	2	7.40

Fasciolasis	Hígado	Trematodo *Fasciola hepatica*	1	3.70
Tricostrongiliasis	Intestino	Nematodo *Trichostrongylus*	1	3.70
Monieziosis	Intestino	Cestodo *Moniezia expansa*	1	3.70
Cisticercosis	Peritoneo	Cestodo Cisticercus *Taenia hydatigena*	1	3.70
		TOTAL	**27**	**99.9**

Cuadro 4. Frecuencia de las enfermedades tóxicas diagnosticadas en ovinos del estado de Colima, México del 2019 al 2021.

Enfermedad	**Órgano**	**Causal/asociado**	**No**	**%**
Fotosensibillización	Piel-hígado	Pasto *Brachiaria*	4	57.14
Intoxicación-medicamento	Hígado	Desparasitante	3	42.85
		TOTAL	**7**	**99.9**

Cuadro 5. Frecuencia de las enfermedades de origen físico diagnosticadas en ovinos del estado de Colima México del 2019 al 2021.

Enfermedad	**Órgano**	**Causal/asociado**	**No**	**%**
Neumonía aspiración	Pulmón	Aspiración Meconio	4	66.6
Traumatismo	SNC	Hematoma	1	16.6
Neoplasia	Nariz	Carcinoma nasal Rayos UV	1	16.6
		TOTAL	**6**	**99.8**

Cuadro 6. Frecuencia de las enfermedades nutricionales y metabólicas diagnosticadas en ovinos del estado de Colima, México del 2019 al 2021.

Enfermedad	**Órgano**	**Causal/asociado**	**No**	**%**
Nutricional	Músculo	Deficiencia Vitamina E/Selenio	2	50
Toxemia preñez/cetosis	Hígado	Hipoglicemia, cuerpos cetónicos	1	25
Bocio	Tiroides	Hiperplasia céluas foliculares con concentraciones bajas de hormonas T4 Tiroxina y T3 Triyodotironina	1	25
		TOTAL	**4**	**100**

Discusión

Las principales causas de muerte en ovinos en el Estado de Colima, México, estuvieron relacionadas a enfermedades infecciosas no parasitarias, infecciosas parasitarias, tóxicas, físicas, nutricionales y metabólicas. Estos resultados son similares a los descritos en Brasil (Rissi et al., 2010, Almeida et

al., 2013, Soundararajan 2014, Douglas & Sargison 2018, Murray et al., 2019, Awaludin et al., 2020, Cecco et al., 2021). Los principales hallazgos y causas de muerte en ovinos en el Estado de Colima, México, estuvieron asociadas a enfermedades infecciosas no parasitarias 45.0%, infecciosas parasitarias 33.75%, tóxicas 8.75%, físicas 7.50%, nutricionales y metabólicas 5.0%. El sistema donde se presentaron más hallazgos fue el digestivo 41.25%, seguido del respiratorio 30% (Rissi et al., 2010, Almeida et al., 2013, Soundararajan 2014, Douglas & Sargison 2018, Murray et al., 2019, Awaludin et al., 2020, Cecco et al., 2021). Dentro de la categoría de las enfermedades infecciosas no parasitaria representaron el 45.0%, las causas más comunes fueron la rinitis micótica por *Conidiobolus* 27.7%, linfadenitis caseosa por *Corynebacterium psudotuberculosis* 22.2% y Bronconeumonía supurativa por *Pasteurella multocida* 13.8%. La enfermedad producida por *Conidiobolus* spp., que afecto a los ovinos del estado de Colima, se presenta más comúnmente en climas tropicales, donde predominan ciertas condiciones como altas temperaturas, lluvias y un porcentaje alto de humedad, y Colima se caracteriza por tener este tipo de ambiente y estas condiciones son propensas al desarrollo de enfermedades micóticas, otros países como Brasil y Colombia también han reportado dicha enfermedad (Vilela et al., 2010, Furlan et al., 2010, Portela et al., 2010, Cardona et al., 2012). Las lesiones macroscópicas y microscópicas de rinitis fibrino-necrótica y la formación de granulomas observadas en la nariz de los ovinos en este estudio son características de la conidiobolomicosis, siendo similar a otros informes previamente descritos (Vilela et al., 2010, Furlan et al., 2010, Portela et al., 2010, Cardona et al., 2012, Ubiali et al., 2013). Sin embargo, también se pueden encontrar granulomas en cerebro y pulmón, como lo observado en este caso. Dentro de la categoría de las enfermedades infecciosas parasitaria representaron el 33.75%, las causas más comunes fueron asociados a *Haemonchus contortus* 25.9 %, seguidas por *Oesophagostomum columbianum*, *Paramphistomum*, *Teladorsagia circumcincta* e *Eimeria* spp., con 11.1%. La hemoncosis sigue siendo la principal causa de anemia y muerte de los ovinos, lo que está de acuerdo con la literatura (Rissi et al., 2010, Mir et al., 2013, Kumar et al., 2015, Jakhar and Singh 2015, Hashemnia and Frajani 2016, Islam et al., 2017, Díaz et al., 2017, Rahman et al., 2017, Satish et al., 2017, Biswajit et al, 2017, Verma et al., 2018, Moudgil et al., 2019, Fayisa et al., 2020, Soledad et al., 2020, Win et al., 2020, Cecco et al., 2021). Sin embargo, consideramos que la hemoncosis clínica y subclínica, así como las otras parasitosis pueden estar involucrados en producir estrés e inmunodepresión y hacer más susceptibles a los ovinos de padecer otra enfermedad. La prevalencia de 33.75% de parásitos encontrado en el estudio *post mortem*, son menores a las reportadas en diferentes países como Bangladesh, Myanmar, Indonesia, Irán, Colombia, Bolivia y Etiopia, donde han observado prevalencias mayores desde 48% hasta 98.4%, quizás porque lo han reportado en estudios coproparasitoscópicos y los parásitos reportados son *Haemonchus, Strongyloides* sp., *Oesophagostomum* sp, *Balantidium* spp, *Trichostrongylus* sp, *Trichuris* sp, *Paramphistomum* spp, *Fasciola* spp, *Moniezia expansa* y *Eimeria* spp., (Rissi et al., 2010, Mir et al., 2013, Kumar et al., 2015, Jakhar and Singh 2015, Hashemnia and Frajani 2016, Islam et al., 2017, Díaz et al., 2017, Rahman et al., 2017, Satish et al., 2017, Biswajit et al, 2017, Verma et al., 2018, Moudgil et al., 2019, Fayisa et al., 2020, Soledad et al., 2020, Win et al., 2020, Cecco et al., 2021). En México la prevalencia reportada ha sido variable desde un 41% hasta 57%, estos estudios los han realizado en Tabasco, encontraron una prevalencia de 41%, en un estudio de coprocultivo y *post mortem* de ovinos para abasto, y los parásitos fueron *Haemonchus contortus, Trichostrongylus colubriformis*, *Cooperia curticei* y *Moniezia expanansa* (López et al., 2013). En Tabasco, obtuvieron una prevalencia de 57.4% en un estudio *post mortem* de ovinos en rastro y los parásitos fueron: *Haemonchus contortus, Cooperia curticei, Trichostongylus colubriformis, Strongyloides papillosus, Bunostomum trigonocephallu, Oesophagostomum columbianum, Trichuris ovis, Fasciola hepatica, Moniezia expansa* (González et al., 2011). Coincidiendo los diversos tipos parásitos con este estudio, debido a que son condiciones climáticas, manejo y razas muy parecidas a Colima. Los diferentes tipos de lesiones macro y microscópicas encontradas en este estudio, son parecidas a las reportadas por otros autores (Rissi et al., 2010, Mir et al., 2013, Kumar et al., 2015, Jakhar and Singh 2015, Hashemnia and Frajani 2016, Islam et al., 2017, Díaz et al., 2017, Rahman et al., 2017, Satish et al., 2017, Biswajit et al, 2017, Verma et al., 2018, Moudgil et al., 2019, Fayisa et al., 2020, Soledad et al., 2020, Win et al., 2020, Cecco et al., 2021). Dentro de la categoría de las enfermedades toxicas sólo representaron el 8.75%, y la más común fue la fotosensibilización hepática asociada al envenenamiento por *Brachiaria* 57.14%, la intoxicación está estrechamente relacionada con los sistemas de pastoreo aplicado a los sistemas de producción ovina en el estado, que varía entre

sistema extensivo y semiextensivo, por lo que, los ovinos tienen más acceso a diversas plantas tóxicas y mayor contacto con los rayos ultravioletas del sol por el sistema de pastoreo utilizado (7.00-15:00 horas). Las especies de *Brachiaria* spp., ocasionan una fotosensibilización hepatógena, en Brasil esté pasto fue responsable de una mortalidad del 13. 9% (Almeida et al., 2013). También se ha documentado que los ovinos son más susceptible a esta intoxicación que otras especies animales, los jóvenes son más susceptibles que los adultos, como también se observó en este estudio. En el estado de Colima, hay varias especies de *Brachiaria* como el pasto Mulato y pasto Toledo su implementación y cultivo son frecuentes, por ser considerado uno de los forrajes más importante para el pastoreo de animales rumiantes. Esta patología es importante porque son responsable de la pérdida de peso, disminución de la productividad, dermatitis necrosis, lesiones hepáticas y renales, alta mortalidad y muerte, como lo reportaron en Brasil[6]. Las lesiones macroscópicas y microscópicas observadas en este estudio son consistentes por las reportadas en otros trabajos (Almeida et al., 2013). Es importante considerar en los diagnósticos diferenciales a otras plantas tóxicas en rumiantes como *Xanthium cavanillesii, Cestrum* spp., *Dodonea viscosa, Trema micrantha, Senecio* spp*., Perreyia flavipes* (Almeida et al., 2013). En México el primer reporte documentado de intoxicación con pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*) y pasto Mulato (*Brachiaria hibrida*) fue documentado con la historia clínica, signos clínicos, pruebas bioquímicas de función hepática, lesiones macro y microscópicas de piel, hígado y riñones (Montoya et al., 2019).

Conclusión

Las principales causas de muerte en ovinos en el Estado de Colima, México, estuvieron asociadas a enfermedades infecciosas no parasitarias 45.0%, infecciosas parasitarias 33.75%, tóxicas 8.75%, físicas 7.50%, nutricionales y metabólicas 5.0%. El sistema donde se presentaron más hallazgos fue el digestivo 41.25%, seguido del respiratorio 30%. Los principales diagnósticos fueron rinitis micótica 27.7%, Hemoncosis 25.9%, Linfadenitis caseosa 22.2% y la fotosensibilización hepática causada por intoxicación de Brachiaria, Los datos epidemiológicos y patológicos presentados en este estudio pueden ayudar a identificar las enfermedades que afectan a los ovinos en el trópico mexicano.

Literatura citada

1. Almalaik AHA, Bashar AE, Abakar AD. (2008). Prevalence and dynamics of some gastrointestinal parasites of sheep and goats in tulus area based on *post-mortem* examination. Asian J Anim Vet Adv. 2008; 3:390-399.
2. Almeida T.L., Brum K.B., Lemos R.A.A., Leal C.R.B. & Borges F.A. (2013). Doenças de ovinos diagnosticadas no Laboratório de Anatomia Patológica Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1996-2010). Pesq. Vet. Bras. 33(1):21-29. https://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2013000100005
3. AMCO (Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos) (2007). Razas de ovinos. Recuperado de: https://www.uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf
4. Awaludin, A., Nurkholis, N., & Nusantoro, S. (2020). Gastrointestinal Parasites of Sheep in Jember District (East Java-Indonesia). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 411(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/411/1/012025.
5. Biswajit D, Konch P, Rahman T, Upadhyaya TN, Pathak DC, Tamuli SM, Phangchoo CV and Begum SA. (2017) Occurrence and pathology of Haemonchus contortus infection in Goats. Journal of Entomology and Zoology Studies; 5(3):1284-1287.
6. Cardona JA., Vargas VM., Perdomo S. Descripción clínica e histopatológica de la rinitis micótica granulomatosa en ovinos de Córdoba, Colombia. (2012). Rev. Med. Vet. Zoot. 59(III)151-158.
7. Cecco B.S., Molossi F.A., Henker L.C., Lorenzett M.P., Correa G.L.F., Driemeier D., Pavarini S.P. & Sonne L. (2021). Causes of death in sheep in Southern Brazil: analysis of 523 cases (2004-2019). Pesq. Vet. Bras. 41: e06886, 1-8.
8. De las Heras M, De Martino A, Borobia M, Ortín A, Álvarez R, Borderías L, et al. (2014) Solitary tumours associated with jaagsiekte retrovirus in sheep are heterogeneous and contain cells expressing markers identifying progenitor cells in lung repair. J Comp Pathol. 150(2-3):138-147. doi:10.1016/j.jcpa.2013.09.001
9. Díaz-Anaya, A., Chavarro-Tulcán, G., Pulido-Medellín, M., García-Corredor, D., & Vargas-Avella, J.

(2017). Estudio coproparasitológico en ovinos al pastoreo en Boyacá, Colombia. Revista de Salud Animal, 39(1), 1–8.
10. Douglas, F., & Sargison, N. D. (2018). Husbandry procedures at the point of lambing with reference to perinatal lamb mortality. The Veterinary Record, 182(2): 1-3, 52. https://doi.org/10.1136/vr.104520
11. Fayisa, O., Duguma, A., Temesgen, M., & Lemma, F. (2020). Gastrointestinal parasites of sheep and goat in and around Gondar town, Northwest, Ethiopia. Biotechnology in Animal Husbandry Biotehnologija u Stocarstvu, 36(3), 371–380. https://doi.org/10.2298/bah2003371f
12. Furlan F, Lucioli J, Veronezi L, Fonteque J, Traverso S, Nakazato L, Gava A. (2010). Conidiobolomicose causada por Conidiobolus lamprauges em ovinos no Estado de Santa Catarina. Pesq. Vet. Bras. 30(7): 529-532.
13. González, GR., Córdova PC, Hernández, TG., Mendoza, GP., García, JA. (2011). Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México Prevalence of gastrointestinal parasites in slaughtered sheep at a slaughterhouse in Tabasco, Mexico. Vet. Méx. 42(2):125-135.
14. Hashemnia, M., & Frajani, G. (2016). Prevalence and pathological lesions of ovine cysticercosis in slaughtered sheep in western Iran. Journal of Parasitic Diseases, 7– 10. https://doi.org/10.1007/s12639-015-0732-7
15. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2020). Anuario estadístico y geográfico de Colima; 396.
16. Islam, M. S., Hossain, M. S., Dey, A. R., Alim, M. A., Akter, S., & Alam, M. Z. (2017). Epidemiology of gastrointestinal parasites of small ruminants in Mymensingh, Bangladesh. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 4(4), 356–362. https://doi.org/10.5455/javar.2017.d234
17. Kumar S., Jakhar KK., and Singh AD (2015). Etio-pathological investigations to study the gross and histopathological lesions affecting gastrointestinal tract of sheep. Scientific Research and Essays,10(10): 356-361.
18. López Ruvalcaba, O. A., González Garduño, R., Osorio Arce, M. M., Aranda Ibáñez, E., & Díaz Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 4(2), 223–234.
19. Mir M.R., Chishti M.Z., Dar S. A, Katoch R., Rashid M., Ahmad F., Tak H. (2013). Incidence and histopathological study of monieziosis in goats ofJammu (J&K), India. Cibtech J Zool; 2(1):19-23.
20. Montoya-Ménez, C. B., Ruíz-Ramírez, J. A., Márquez, L. J. G., Méndez-Bernal, A., Morales-Salinas, E., Ramírez-Romero, R., Martínez-Burnes, J., & López-Mayagoitia, A. (2019). Hepatogenous photosensitization by *Brachiaria* spp. In sheep: First report in Mexico. Brazilian Journal of Veterinary Pathology, 12(3), 128–133. https://doi.org/10.24070/bjvp.1983-0246.v12i3p128-133
21. Moudgil, A. D., Sciences, A., Moudgil, P., & Sciences, A. (2019). Hydatidosis in slaughtered sheep and goats in india: prevalence, genotypic characterization and pathological studies. Journal of Helminthology 94 e27,1–5. https://doi.org/10.1017/ S0022149X18001219
22. Murray, G. M., Fagan, S., Murphy, D., Fagan, J., Muireagáin, C. O., Froehlich-Kelly, R., Barrett, D. J., Sheehan, M., Wilson, M., Brady, C. P., Hynes, F., Farrell, S., Moriarty, J., O Neill, R., & Casey, M. (2019). Descriptive analysis of ovine mortality in sentinel sheep flocks in Ireland. Veterinary Record, 184(21), 649. https://doi.org/10.1136/vr.105291
23. Portela R, Riet-Correa F, Garino-Junior F, Dantas A, Simoes, S., Silva, S. (2010). Doencas da cavidade nasal em ruminantes no Brasil. Pesq. Vet. Bras. 30(10): 844-854.
24. Prophet, E., Mills, B., Arrington, J., & Sabin, L. (1992). Laboratory methods in histotechnology (E. Prophet, B. Mills, J. Arrington, & L. Sabin (eds.)). Armed Forces Institute of Pathology, American Registry of Pathology.
25. Rahman, M. A., Labony, S. S., Dey, A. R., & Alam, M. Z. (2017). An epidemiological investigation of gastrointestinal parasites of small ruminants in Tangail, Bangladesh. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 15(2), 255–259. https://doi.org/10.3329/jbau.v15i2.35071.
26. Rissi D.R., Pierezan F., Oliveira Filho J.C., Fighera R.A., Irigoyen L.F., Kommers G.D. e Barros C.S.L. (2010). Doenças de ovinos da região Central do Rio Grande do Sul: 361 casos. Pesq. Vet. Bras. 30(1):21-28.
27. SADER (Secretaría de agricultura y Desarrollo rural) (2018). Fecha de consulta: 6-febrero-2023. Plan rector del sistema producto de Ovinos.
28. Satish A.C., Nagarajan K., Balachandran C., Soundararajan C., Sridhar R. (2017) Bunostomum trigonocephalum infection in sheep-Pathological lesions and molecular characterization. Journal of

Veterinary Parasitology, 31(1):22-25.
29. SIAP (2021). Inventario población ovina. Fecha de consulta 7-febrero-2023.
30. Soledad, M., Marín, C., Aspi, R., María, B., & Diaz, B. (2020). Presencia de parásitos gastrointestinales en ovinos de la Estación Experimental Choquenaira, municipio de Viacha, La Paz Bolivia. 4(2), 504–509.
31. Soundararajan, C. (2014). Study on mortality pattern in Madras red sheep under semi arid tropic region. International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, 2(3):25-30.
32. Ubiali DG, R A S Cruz, D A J De Paula, M C Silva, F S Mendonça, V Dutra, L Nakazato, E M Colodel, C A Pescador (2013). Pathology of Nasal Infection caused by *Conidiobolus lamprauges* and *Pythium insidiosum* in Sheep. J. Comp. Path. 149(2-3):137-45. DOI: 10.1016/j.jcpa.2012.12.002.
33. Verma R, Sharma DK, Paul S, et al. (2018). Epidemiology of common gastrointestinal parasitic infections in goats reared in semi-arid region of India. J Anim Res. 2018;8(1):39-45.
34. Vilela R, Silva S, Riet-Correa F., Dominguez E, Mendonza L. (2010). Taxonomic and phylogenetic of Conidiobolus lamprauges recovered from infected sheep. J. Clinic. Microbiol. 48(2): 427-432.
35. Win, S. Y., Win, M., Thwin, E. P., Htun, L. L., Hmoon, M. M., Chel, H. M., Thaw, Y. N., Soe, N. C., Phyo, T. T., Thein, S. S., Khaing, Y., Than, A. A., & Bawm, S. (2020). Occurrence of gastrointestinal parasites in small ruminants in the central part of Myanmar. Journal of Parasitology Research, 2020. https://doi.org/10.1155/2020/8826327

EL PASTOREO ROTACIONAL MODIFICA LA INFESTACIÓN DE *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* EN BOVINOS EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Cruz G.G.[*], Alonso D.M.A., Pinos R.J.M., Fernández S.A., Romero S.D., Vicente M.J.G., Jarillo R.J., Castillo G.E.

Introducción

La garrapata *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari; Ixodidae) es considerada el principal ectoparásito que afecta a los bovinos en áreas tropicales, subtropicales y templadas. Esta afectación se debe, principalmente, a su acción parasitaria directa y la trasmisión de patógenos (e.g. *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale*).
Se considera que el 80 % del ganado bovino del mundo está infestado con garrapatas de la familia *Ixodidae*, En el caso de México, el impacto económico por *R. microplus* se estima en $ 573.61 millones de dólares al año (Rodríguez-Vivas et al., 2017). Actualmente, la aplicación de ixodicidas es el método que predomina en el control de esta garrapata, sin embargo, el uso inadecuado de estos productos a ocasionado el desarrollo de poblaciones resistentes a los diferentes acaricidas disponibles (Agwunobi et al., 2021). Uno de los métodos de control propuestos está basado en controlar el tiempo de pastoreo de los animales (pastoreo rotacional), el cual ésta basado en disminuir la interacción parásito-hospedador y se ha mencionado como una forma ecológica, rentable y que ayudaría a optimizar los recursos forrajeros (Hüe y Fontfreyde, 2019). Hasta la fecha, algunos estudios han experimentado con diversos sistemas de pastoreo rotacional basándose en un control integrado (acaricidas químicos), alta carga animal (≈ 6 UA/ha), familias de pastos (*Urochloa spp., Pennisetum., Cynodon spp*.), y periodos cortos en el pastoreo de las praderas; sin embargo, los resultados han mostrado una eficacia variable frente a diferentes cepas geográficas de *R. microplus* (Hüe y Fontfreyde, 2019). Por lo tanto, es necesario considerar su validación con distintos tiempos de pastoreo, tamaño de potreros y carga animal ua/ha con respecto a la vegetación local y el clima. De acuerdo a lo mencionado, es importante conocer cómo se comportan las cargas de garrapatas bajo diferentes condiciones de pastoreo considerando la interacción hospedador-parásito-ambiente (triada epidemiológica).
Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es conocer la dinámica poblacional de la garrapata *R. microplus* en su fase parasítica sobre los bovinos, bajo tres niveles de pastoreo (descanso de praderas de 30 y 45 días y pastoreo continuo) y en las condiciones ambientales del trópico húmedo de México.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (20° 02’ N, 97° 06’ W), durante el periodo abril 2021- marzo 2022. El clima es tropical húmedo con una estación lluviosa (junio-septiembre), invernal (octubre-enero) y seca (febrero-mayo). La temperatura promedio diaria, la humedad relativa y la precipitación pluvial son de 23.4 °C, 85 % y 1743 mm, respectivamente.

Tratamientos y diseño experimental

Se consideraron tres sistemas de manejo del pastoreo; T30: pastoreo rotacional intensivo con 11 divisiones (0.18 ha cada uno) para proporcionar a los animales 3 días de pastoreo por 30 días de recuperación; T45: pastoreo rotacional intensivo con 16 divisiones (0.12 ha cada uno) y dar tres días de pastoreo por 45 días de recuperación y T00: pastoreo continuo sin divisiones, como área testigo. Cada tratamiento consistió en 2 ha con pastizales donde predominó la gramínea “Estrella de África”

[*] *Gabriel Cruz González. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, Miguel Ángel de Quevedo s/n esq. Yáñez, Veracruz, México. cruz20uv@hotmail.com, (783)1122404.

(*Cynodon nlemfuensis*) y con infestaciones naturales de garrapatas. Para cada tratamiento se utilizaron 10 hembras bovinos de 8-12 meses de edad con un promedio de 182 ± 44 Kg de peso vivo y debidamente identificadas con su número de arete (30 animales en total). Ocho animales de cada grupo fueron F1 (Holstein x Cebú) y dos 5/8 x 3/8 (Cebú x Holstein, respetivamente). La carga animal para cada área experimental al comienzo del estudio fue de cuatro unidades animales por hectárea (AU = 450 kg de peso vivo). Quince días antes de comenzar el experimento, todos los animales fueron tratados por única vez contra parásitos gastrointestinales (albendazol), garrapatas y moscas (cumaphos) para comenzar con cargas similares de garrapatas. El diseño experimental empleado fue un diseño completamente al azar.

Conteo de garrapatas

Se realizó el conteo de los individuos de *R. microplus* que cumplieran con una longitud > 4.5 mm en cada becerra. Se examinó el total de la superficie corporal del lado derecho en cada individuo, las garrapatas permanecieron en su lugar después de contar, posteriormente el número de garrapatas encontradas en cada bovino se multiplicó por dos (Wharton y Utech, 1970). Las garrapatas permanecieron en su lugar después de contar.

Recopilación de datos climáticos

Dos semanas antes y durante todo el experimento, se registró diariamente la temperatura ambiental (°C), y la precipitación pluvial (mm); la información se obtuvo a través de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional de la estación meteorológica de independencia en Martínez de la Torre, Veracruz (SMN, 2022). También se registraron los datos de la humedad relativa (%), los cuales se obtuvieron a través de la aplicación móvil The Wather Channel ©.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza con el paquete StatGraphics versión 19.1.3. Los conteos de garrapatas de cada tratamiento fueron comparados a través de la prueba de Kruskal-Wallis con el Software Statistica 10.0. Se consideró un intervalo de confianza del 95 % y un valor de P inferior a <0.05. La temperatura ambiental, humedad relativa y las precipitaciones se correlacionaron con la carga de garrapatas mediante la prueba de Spearman (Software R versión 2021).

Resultados

Se realizaron un total de 26 conteos de garrapatas *R. microplus* (>4.5 mm) en un año. Los resultados en cada modalidad de pastoreo (T30, T45 días y T00: continuo) en los primeros tres meses (abril, mayo y junio) posterior al inicio del experimento (seis conteos), las infestaciones parasitarias se mantuvieron bajas y similares entre los grupos de animales ($p>0.05$) (Tabla 1). A partir del conteo siete al dieciséis, correspondiente a julio a noviembre, los animales en el T30 tuvieron los mayores recuentos de *R. microplus* ($p < 0.05$) (Tabla 1). En los últimos diez muestreos, correspondientes al período noviembre-marzo, el recuento de garrapatas registrado en T45 fue significativamente menor que T30 y T00 ($p < 0.05$).

Tabla 1. Número de *Rhipicephalus* microplus en bovinos (>4.5 mm) bajo tres sistemas de pastoreo durante un año

Fecha	Número de muestreo	T00		T30		T45	
		Media [1]	DE	Media	DE	Media	DD
02/04/2021	1	1.60 [a]	1.58	1.40 [a]	1.65	1.00 [a]	1.41
17/04/2021	2	1.40 [a]	1.65	1.40 [a]	2.12	1.60 [a]	2.07
01/05/2021	3	2.00 [a]	2.49	2.20 [a]	3.19	2.80 [a]	3.68
18/05/2021	4	0.80 [a]	1.69	6.20 [a]	10.73	2.60 [a]	4.01
01/06/2021	5	5.00 [a]	4.74	2.20 [a]	3.19	1.40 [a]	2.50
15/06/2021	6	0.00 [a]	0.00	8.60 [b]	10.50	2.00 [a]	5.66
29/06/2021	7	3.00 [a]	3.16	59.20 [b]	47.27	0.00 [c]	0.00
13/07/2021	8	3.40 [a]	3.53	83.80 [b]	59.45	11.20 [a]	14.58
27/07/2021	9	4.80 [a]	3.16	61.80 [b]	40.09	15.00 [c]	7.62
11/08/2021	10	0.40 [a]	0.84	90.80 [b]	77.00	1.00 [a]	1.94
24/08/2021	11	11.20 [a]	8.12	117.20 [b]	94.07	4.40 [c]	6.24
08/09/2021	12	0.20 [a]	0.63	188.40 [b]	159.84	0.60 [a]	1.35
20/09/2021	13	3.80 [a]	5.29	162.40 [b]	138.17	0.00 [c]	0.00
05/10/2021	14	3.40 [a]	3.41	70.80 [b]	63.01	2.20 [a]	2.90
18/10/2021	15	2.00 [a]	3.27	115.00 [b]	81.83	0.00 [c]	0.00
03/11/2021	16	6.00 [a]	6.18	88.00 [b]	82.84	3.20 [a]	4.54
16/11/2021	17	3.40 [a]	3.66	36.60 [b]	17.39	0.40 [c]	0.84
30/11/2021	18	0.60 [a]	1.90	29.00 [b]	15.03	0.00 [a]	0.00
14/12/2021	19	16.40 [a]	13.16	13.00 [a]	5.10	2.20 [b]	2.57
28/12/2021	20	17.00 [a]	5.52	25.00 [a]	29.55	1.60 [b]	2.27
11/01/2022	21	11.20 [a]	7.19	31.00 [b]	17.64	3.20 [c]	3.16
25/01/2022	22	19.20 [a]	14.37	23.00 [a]	11.21	0.80 [b]	1.93
08/02/2022	23	16.40 [a]	11.46	16.20 [a]	13.45	1.80 [b]	2.57
22/02/2022	24	16.80 [a]	9.53	48.00 [b]	36.49	0.80 [c]	1.40
09/03/2022	25	21.80 [a]	5.37	22.20 [a]	10.17	2.80 [b]	3.43
23/03/2022	26	16.40 [a]	8.04	31.80 [b]	21.63	3.40 [c]	2.32

[1] Media aritmética de los recuentos de garrapatas. [a–c] Los valores dentro de una fila con diferentes superíndices difieren significativamente en $p < 0.05$.

La dinámica poblacional de *R. microplus* en cada grupo de becerras mostró patrones variables (Figura 1). Los animales del grupo T30 presentaron las mayores infestaciones de garrapatas *R. microplus* (>4.5 mm de longitud) durante todo el año, y la fluctuación poblacional mostró cinco picos de distribución. El primer pico de hembras repletas fue en junio y julio, con un promedio de 71,5 garrapatas por animal. El segundo y tercer pico ocurrieron durante septiembre y octubre, alcanzando un promedio de 188 garrapatas y 115 garrapatas por animal; cuarto y quinto picos ocurrieron durante enero y febrero, con un promedio de 31 y 48 garrapatas por animal, respectivamente (Figura 1).

La temperatura ambiental mínima y máxima del experimento fluctuó entre 11.5 °C y 37.0 °C. La humedad relativa mensual (HR) y la precipitación estuvieron entre 67 y 85% y 54.0 a 427.7 mm, respectivamente. No hubo asociación entre el grado de infestación por garrapatas por *R. microplus* y las variables climáticas ($p > 0.05$).

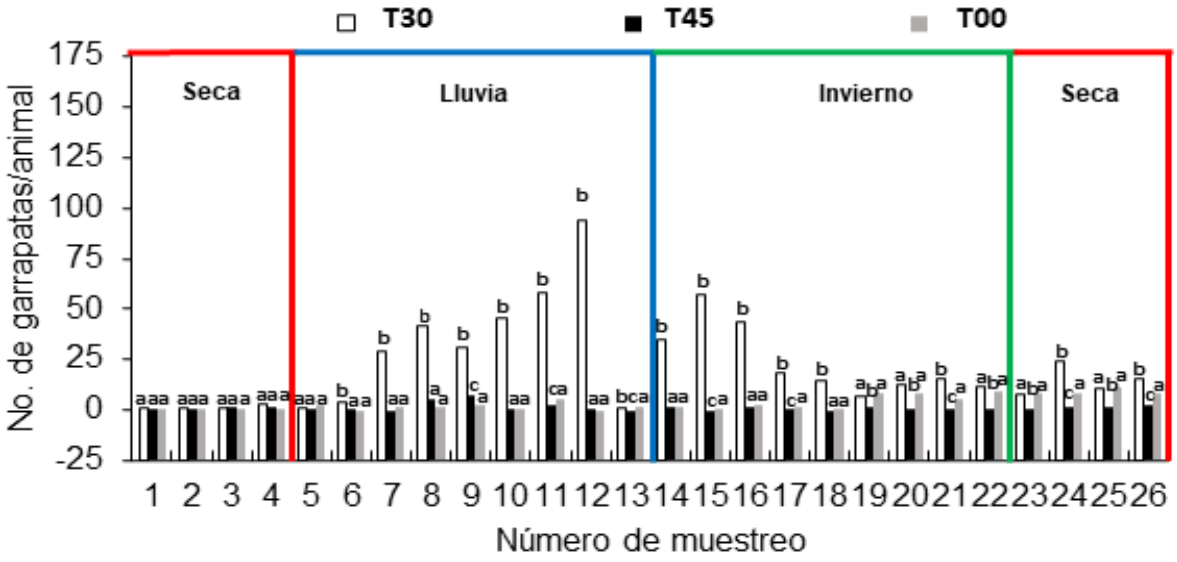


Figura 1. Número de *Rhipicephalus microplus* (media ± desviación estándar) bajo pastoreo continuo (T00), pastoreo rotacional con 30 y 45 días de descanso (T30 y T45, respectivamente) en bovinos (n = 10 por tratamiento), durante 1 año (abril 2021 a marzo 2022). Dentro de los números de conteos, las barras con la misma letra de escritura superior son estadísticamente iguales a p<0.05.

Discusión

El pastoreo rotacional ha sido reportado como una alternativa viable para controlar *R. microplus* en bovinos. Sin embargo, hay información limitada sobre los efectos de esta alternativa no química a nivel de granja. Las evaluaciones existentes se han llevado a cabo en regiones con diferentes climas, diferentes tasas de siembra y diferentes tipos de pastos. Sin embargo, estos estudios han reportado hallazgos significativos que podrían ayudar a comprender los resultados obtenidos en el presente informe. En este estudio, observamos que la reducción de la duración del período de recuperación del pastoreo continuo o 45 días a una recuperación de 30 días estimuló las cargas de garrapatas en las novillas.

Los mamíferos en el grupo T30 tuvieron el recuento más alto de *R. microplus* en comparación con los grupos T45 y T00; de hecho, los animales en tratamiento T30 tenían una mayor carga acumulada de parásitos al final del experimento. El pastoreo rotacional (con 20 días de descanso) en pasturas de *Cynodon dactylon* fue ineficaz para reducir las cargas parasitarias de *R. microplus* en animales en comparación con el pastoreo continuo (Nicaretta et al., 2020). En condiciones de campo controladas, el tiempo promedio de pre-eclosión es de 42 días, las larvas muestran una mejor actividad para adherirse al huésped potencial a los 3 a 8 días después de la eclosión, lo que indica que el tiempo adecuado para la presencia de larvas vigorosas en el pasto podría ser de 45 a 50 días después del desprendimiento de garrapatas repletas (Cruz et al., 2020).

Si consideramos en este estudio que los animales regresan al potrero después de 30 días, todavía no habría larvas viables para infestar. Aún así, en la siguiente ronda, los animales regresarían después de 60 días, cuando las larvas tienen 15-20 días más de su mejor edad viable, lo que podría ser un momento adecuado para un alto nivel de infestación bajo las condiciones de este estudio. Por otro lado, el pastoreo rotativo a corto plazo induce una alta densidad de población porque aumenta el número de potreros, pero el número de animales permanece más o menos constante. A medida que el pasto disponible y el área por animal disminuyen, la probabilidad del encuentro larva-huésped aumentaría, lo que llevaría a un aumento de las cargas de garrapatas en los animales (Nicaretta et al., 2020; Nava et al., 2013; Labruna y Verissimo, 2001). Sin embargo, otros factores también pueden influir en las infestaciones, como el comportamiento animal, el pisoteo del ganado y la cubierta vegetal de los pastos, entre otros.

Los animales en el grupo T45, con un sistema de pastoreo de mayor densidad, tuvieron el recuento más bajo de *R. microplus* en comparación con los grupos T30 y T00; de hecho, los animales también tuvieron la carga de parásitos acumulada más baja al final del experimento. Estos resultados sugieren que T45 días de descanso podría ser una herramienta potencial para controlar *R. microplus* en bovinos. No hay información acerca del efecto del pastoreo rotativo con el descanso de 45 días sobre la infestación por *R. microplus* en comparación con las modalidades de pastoreo como el descanso de pastos de 30 días y el pastoreo continuo. A diferencia del grupo T30, los animales regresan al potrero después de 45 días, lo que aún podría significar un bajo porcentaje de garrapatas vulnerables a infestar. Aun así, en la siguiente ronda, los animales regresarían después de 90 días, cuando las larvas tienen 40-45 días más de su mejor edad viable. Tal longitud podría ser tiempo suficiente para que las condiciones ambientales dañen las larvas, reduciendo las posibilidades de infestar el ganado. Se sugieren estudios adicionales para determinar la influencia de estos factores en la supervivencia de las garrapatas a nivel de pasto.

El crecimiento y el establecimiento de poblaciones de garrapatas están directamente relacionados con la disponibilidad de huéspedes y el clima, como la temperatura, la humedad y la precipitación (Estrada-Peña et al., 2022). Las observaciones durante un año de la fase parasitaria de *R. microplus* en bovinos nos ayudaron a determinar que el ectoparásito mostró aproximadamente cinco picos en el T30 y uno en T45 y grupo T00. Vale la pena mencionar que estas poblaciones, al estar altamente influenciadas por las condiciones ambientales, pueden presentar varios tiempos de diapausa, que podrían manifestarse en ausencia de picos marcados en algunas estaciones y tratamientos. Estudios previos en áreas tropicales y subtropicales reportaron de 3 a 4 picos por año para esta especie de garrapata en el ganado (Alonso-Diaz et al., 2007; Canevari et al., 2016). Sin embargo, un experimento reciente mostró la ocurrencia de cinco picos anuales de *R. microplus* en el ganado (Nicaretta et al., 2021), atribuyendo la temperatura como un posible factor en el aumento de los picos. En este sentido, la dinámica poblacional de garrapatas bovinas desde hace 40 años hasta ahora mostró un crecimiento poblacional de garrapatas, con diferentes picos en un año dependiendo de la estacionalidad (es decir, lluvias y estaciones secas) o asociado con el aumento de la temperatura ambiental a lo largo de los años (Cruz et al., 2020).

El presente estudio no tuvo asociación significativa entre las cargas de parásitos y las variables climáticas analizadas ($p > 0.05$). Un aspecto para destacar en el experimento actual fue el aumento a un pico en el grupo T00 en invierno, que es probablemente un efecto del número acumulado de larvas en las gramíneas que se convirtieron en adultos en generaciones anteriores. Esta observación durante la temporada de invierno en este experimento concuerda con la reportada por (Labruna y Veríssimo, 2021) en Brasil, donde encontraron altos picos *de R. microplus* en el pastoreo continuo, atribuyendo a la calidad de los pastos y al estado nutricional del ganado, induciendo una menor probabilidad de susceptibilidad de los animales a las garrapatas.

Conclusiones

La mayor presencia de garrapatas en los animales se observó en el pastoreo rotacional con descanso de la pradera de treinta días. El pastoreo rotacional a 45 días de descanso se caracterizó por una baja infestación de garrapatas durante el experimento. Las variables climáticas no se asociaron con el comportamiento parasitario de *R. microplus*.

Referencias bibliográficas

Agwunobi, D. O., Yu, Z., & Liu, J. (2021). A retrospective review on ixodid tick resistance against synthetic acaricides: implications and perspectives for future resistance prevention and mitigation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 173, 104776.

Alonso-Díaz, M. Á. A., Silva, B. J. L., de Magalhães-Labarthe, A. C. L., y Rodríguez-Vivas, I. R. (2007). Infestación natural de hembras de *Boophilus microplus* Canestrini, 1887 (Acari: Ixodidae) en dos genotipos de bovinos en el trópico húmedo de Veracruz, México. *Veterinaria México*, *38*(4), 503-509.

Canevari, J. T., Mangold, A. J., Guglielmone, A. A., & Nava, S. (2017). Population dynamics of the cattle tick Rhipicephalus (Boophilus) microplus in a subtropical subhumid region of Argentina for use in the design of control strategies. *Medical and veterinary entomology*, *31*(1), 6-14.

Cruz, B. C., de Lima Mendes, A. F., Maciel, W. G., Dos Santos, I. B., Gomes, L. V. C., Felippelli, G., Teixeira, W.F.P., Ferreira, L.L., Soares, V.E., Lopes, W.D.Z. da Costa, A. J., & de Oliveira, G. P., 2020. Biological parameters for *Rhipicephalus microplus* in the field and laboratory and estimation of its annual number of generations in a tropical region. *Parasitology Research*, 119, 2421-2430.

Estrada-Peña, A., Mallón, A. R., Bermúdez, S., de la Fuente, J., Domingos, A., García, M. P. E., Labruna, M. B., Merino, O., Mosqueda, J., Nava, S. (2022). One health approach to identify research needs on *Rhipicephalus microplus* ticks in the Americas. *Pathogens*, 11(10), 1180.

Hüe, T., & Fontfreyde, C. (2019). Development of a new approach of pasture management to control *Rhipicephalus microplus* infestation. *Tropical Animal Health and Production*, 51(7), 1989-1995.

Labruna, M. B., & Veríssimo, C. J. (2001). Observations of infestation by *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) in cattle kept in pasture rotation, under high animal density. *Arq. Inst. Biol, São Paulo*, *68*(2), 115-120.

National Meteorological Service (SMN), 2022. Available online: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion estadistica-climatologica (accessed on 5 May 2022).

Nava, S., Mastropaolo, M., Guglielmone, A. A., & Mangold, A. J. (2013). Effect of deforestation and introduction of exotic grasses as livestock forage on the population dynamics of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in northern Argentina. *Research in veterinary science*, *95*(3), 1046-1054.

Nicaretta, J. E., Dos Santos, J. B., Couto, L. F. M., Heller, L. M., Cruvinel, L. B., de Melo Júnior, R. D., Cavalcante, A. S. A., Zapa, D. M. B., Ferreira, L. L., Monteiro, C. M. O., Soares, V. E. & Lopes, W. D. Z. (2020). Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus microplus* in a tropical region. *Research in Veterinary Science*, 131, 92-97.

Nicaretta, J. E., Zapa, D. M. B., Couto, L. F. M., Heller, L. M., Cavalcante, A.S.D.A., Cruvinel, L. B., Júnior, R. D. D. M., Ferreira, L. L., Nascimento, R. M. D., Soares, V. E. (2021). *Rhipicephalus microplus* seasonal dynamic in a Cerrado biome, Brazil: An update data considering the global warming. *Veterinary Parasitology*, 296, 109506.

Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez de León, A. A., Villela, H. S., Torres-Acosta, J. F. D. J., Fragoso Sánchez, H., Romero-Salas, D., Rosario-Cruz, R., Saldierna, F., García-Carrasco, D., 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8, 61-74.

Wharton, R. H., y Utech, K. B. W. (1970). The relation between engorgement and dropping of Boophilus microplus (Canestrini)(Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. *Australian Journal of Entomology*, *9*(3), 171-182.

EVALUACIÓN DE INDICADORES ASOCIADOS AL PARTO SOBRE LA MORTALIDAD DE CORDEROS PELIBUEY

Espinosa M.M.A.*, Garrido C.J.C., Montoya F.M.D., Montiel O.L.J., Pastrana G.V.

Resumen

Una de las principales preocupaciones en los sistemas de producción pecuaria es la salud y viabilidad de las crías, en especial durante las primeras semanas de vida. Los mayores índices de morbilidad y mortalidad se presentan durante esta etapa temprana posterior al nacimiento. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar algunos indicadores asociados al parto sobre la mortalidad de crías ovinas Pelibuey durante el primer mes de vida. Se utilizó información de una unidad ovina, la cual consistió de 46 partos y 93 crías provenientes de dos periodos de partos. Se colectó información para generar variables binomiales sobre el tipo de enlace entre la madre y la cría en los primeros tres días (apropiado vs no apropiado), el perímetro torácico al parto (bajo vs alto), la condición corporal al parto (baja vs alta), el número de partos de la madre (primípara vs multípara), el tipo de parto de la madre (sencillo vs múltiple) y el sexo de la cría (hembra vs macho). Se realizaron análisis de Chi Cuadrada-Prueba exacta de Fisher para determinar diferencias entre las categorías de cada factor evaluado sobre la mortalidad hasta el primer mes de edad. No se observaron diferencias ($P>0.05$) del tipo de enlace, el perímetro torácico, el número de partos, el sexo de la cría o el tipo de parto sobre la mortalidad de las crías. Sin embargo, las ovejas que presentaron una baja condición corporal al parto presentaron una mayor ($P<0.05$) incidencia de mortalidad (15%), en comparación a las ovejas con una alta condición corporal (0%). Los resultados destacan la importancia que tiene la condición corporal de la oveja Pelibuey al parto sobre la viablidad de sus crías, por lo que es importante realizar evaluación de esta condición durante el parto y, de ser necesario, establecer medidas correctivas que ayuden a disminuir la mortalidad en las primeras semanas de vida.

INTRODUCCIÓN

Durante los primeros días de vida se presentan los mayores casos de morbilidad y mortalidad en las especies domésticas de las unidades de producción animal. La salud y la viablidad de las crías se ven afectadas de manera drástica, comprometiendo la rentabilidad de la unidad de producción y los ingresos de los productores. En el caso de ovinos, se ha descrito que esta mortalidad puede alcanzar valores de hasta el 30% (Dwyer, 2008; Ratanapob *et al*., 2020). Esta mortalidad puede presentarse por diferentes motivos, entre los que se pueden contar motivos de salud como las enfermedades infecciosas, de manejo como el hacinamiento, nutricionales como la alimentación previo al parto y la condición corporal de las ovejas, así como algunos factores que podrían estar asociados al momento del parto o de la madre como puede ser el tipo de parto, el número de partos de la madre, el comportamiento materno, etc (Pettigrew *et al*., 2019; Tesema *et al*., 2020; Wallace *et al*., 2021). Aunque algunos de estos factores se han evaluado en algunas razas ovinas, no existe información completa de diferentes variables asociadas a la mortalidad de corderos de la oveja Pelibuey, una de las razas más utilizada en unidades de producción de prácticamente todo México. Por lo tanto, este estudio tuvo el objetivo de determinar los efectos que tienen algunos indicadores asociados al parto de las ovejas, sobre la mortalidad de crías Pelibuey en el primer mes de vida.

* *Espinosa Martínez Mario Alfredo. INIFAP-CENID Fisiología y Mejoramiento Animal. Km 1 Carr. a Colón. Ajuchitlán, Colón, Qro. CP 76666. marespinosa71@yahoo.com Tel. 55 38 71 87 00 (Ext. 80210). Modalidad: Bienestar y Salud Animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una unidad de producción ovina ubicada en la comunidad de Ajuchitlán, Municipio de Colón, en el estado de Querétaro (20º42'N, -100º01' O). La región cuenta con un clima templado semiseco, con una temperatura anual promedio de 17.4ºC.

Durante dos periodos de partos, se utilizó la información resultante del parto de 25 ovejas Pelibuey en primer periodo y de 21 en el segundo.

Las ovejas gestantes fueron alimentadas con una dieta basada en ensilaje de pasto y pastoreo libre y 45 días antes del parto fueron complementadas con un concentrado elaborado para ovejas en gestación, cubriendo los requerimientos establecidos por el NRC (2007). El agua se mantuvo disponible en todo momento.

Al nacimiento se registró el sexo de la cría y el comportamiento de la madre con su cría para determinar si existía un enlace apropiado o no apropiado. Para esto último, se determinó en los primeros tres días de vida (durante 30 minutos por la mañana) si la oveja mostraba o no una conducta evasiva o agresiva hacia cada una de las crías, como voltearse al intentar el amamantamiento o pater a la cría (Shen-Jin *et al*., 2016). Cuando mostraba este comportamiento, las crías se catalogaron en el grupo de enlace no apropiado y si la oveja aceptaba sin problema a su cría se catalogó a la cría en el grupo de enlace apropiado.

En el caso de las ovejas se determinó su condición corporal al parto, el perímetro torácico (como un indicador de su peso), el número de partos y el tipo de parto. La condición corporal se estimó mediante el método descrito por Romero (2015), que considera una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a una borrega en estado de emaciación y el 5 se otorga a una oveja obesa. El perímetro torácico se registró como un indicador asociado al peso corporal (Espinosa *et al*., 2019), empleando para ello una cintá metrica por detrás de las escápulas. Para generar variables dicotómicas, se consideró el valor del primer cuartil de la condición corporal y el perímetro torácico como punto de corte y establecer los dos grupos de estudio. Para el número de partos, estos se categorizaron como primípara (primer parto) vs multípara (dos o más partos), mientras que para el tipo de parto se consideraron los grupos sencillo (una cría) vs múltiple (dos o más crías). Por otro lado, se registraron las crías muertas durante las primeras cuatro semanas de vida, independientemente de la razón del deceso.

Inicialmente, las información fue sometida a análisis estadísticos descriptivos. Posteriormente se determinó el efecto de los diferentes factores sobre la mortalidad empleando análisis de Chi Cuadrada-Análisis exacto de Fisher. Las diferencias estadísticas significativas se establecieron cuando existió una $P<0.05$.

RESULTADOS

La tasa de mortalidad fue del 10.7%., mientras que el promedio de crías al parto fue de dos, la condición corporal al parto fue de 2.93 y el perímetro torácico de las ovejas al parto fue 90.8 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Crías al parto, condición corporal y perímetro torácico al parto de ovejas Pelibuey

Variable	Promedio+ee	Primer cuartil
Crías al parto	2.04±0.10	-
Condición corporal al parto	2.93±0.05	2.5
Perímetro torácico al parto, cm	90.8+0.49	86.7

La mortalidad no se afectó (P>0.05) por el tipo de enlace, el perímetro torácico, el número de partos o el sexo de la cría (Cuadro 2). Sin embargo, la condición corporal mostró un efecto significativo (P<0.05) sobre la mortalidad de las crías. Las crías nacidas de ovejas con una condición corporal baja (≤2.5) al parto tuvieron una mayor mortalidad, en comparación a las crías de las ovejas con una condición corporal alta (>2.5).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad y número de observaciones en crías de ovejas Pelibuey

	MORTALIDAD	
	NO	SI
Enlace		
Apropiado	96.4(54)	3.57(2)
No apropiado	92.86(13)	7.14(1)
Número de partos		
Primípara	94.44(17)	5.56(1)
Multípara	87.67(64)	12.33(9)
Sexo de la cría		
Hembra	88.46(46)	11.54(6)
Macho	90.24(37)	9.76(4)
Tipo de parto		
Sencillo	100.00(9)	0.00(0)
Múltiple	88.10(74)	11.90(10)
Perímetro torácico al parto		
Bajo (≤86.7 cm)	89.23(58)	10.77(7)
Alto (>86.7 cm)	92.59(25)	7.41(2)
Condición corporal al parto*		
Baja (≤2.5)	85.00(51)	15.00(9)
Alta (>2.5)	100.00(32)	0.00(0)

*P<0.05

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La mortalidad en corderos, especialmente en los primeros días de vida es una preocupación permantente para los productores. En este estudio, la mortalidad registrada se ubicó dentro de lo descrito por otros autores. Estudios que consideraron 50 grupos de parición mostraron una mediana de mortalidad del 10%, aunque 25 de los grupos tuvieron una mortalidad mayor al 10% en las primeras ocho semanas de vida (Ratanapob *et al*., 2020). La razón de las discrepancias puede ser muy diverso, lo que puede incluir la raza estudiada, el periodo evaluado, etc.

La necesidad de disminuir estos porcentajes de mortalidad que pueden alcanzarse en algunas unidades de producción, hace necesario indagar posibles causas que puedan ser prevenidas o corregidas para mejorar la rentabilidad y no afectar los ingresos económicos del productor. En este estudio, sólo la condición corporal de la oveja al parto mostró tener una influencia sobre la mortalidad, como lo han descrito otros autores (Espinoza-Montes *et al*., 2022). Este resultado muestra lo indispensable que es poder llegar al parto con una condición corporal óptima, en el caso de este estudio, mayor a 2.5. Diferentes autores muestran los beneficios de suplementar las ovejas en el último tercio de gestación (Gardner, 2007), por lo que se podría sugerir que este momento de inicio de suplementación podría considerase para poder valorar la condición corporal de las ovejas y establecer medidas nutricionales en aquellas que tengan una pobre condición y poder mejorarla. Otros trabajos han evidenciado la importancia de la condición corporal para lograr indicadores de producción adecuados, no sólo en la parte productiva (Gardner, 2007), sino también en la parte reproductiva (Kenyon y Corner-Thomas, 2022).

Aunque en algunos casos, factores como el tipo de parto o el número de partos de la oveja mostraron diferencias numéricas considerables en su incidencia, estas no fueron significativas. Como ejemplo, se observó que las crías nacidas de ovejas con parto múltiple tenían una diferencia de mortalidad de casi el 12%, en comparación a las crías de ovejas con parto sencillo. Es probable que el tamaño de muestra, en especial en la presentación de partos sencillos, no haya permitido evidenciar diferencias significativas.

Por otro lado, a pesar de que otros autores (Díaz *et al*., 2012; Macedo *et al*., 2010) han mostrado asociaciones entre la mortalidad y el sexo de la cría y en el número de partos (primíparas vs multíparas), esto factores no mostraron un efecto significativo sobre la mortalidad en nuestro estudio. Finalmente, el enlace materno es un factor que de no cumplirse adecuadamente puede afectar el desempeño de las crías e incluso su viablidad (Dwyer 2014). El comportamiento materno al nacimiento, es importante para establecer la unión entre la madre y la cría y lograr su reconocimiento mutuo (Dwyer et al., 2008). Es probable que la duración de un enlace no apropiado pudiera tener algún efecto sobre los resultados. Sin embargo, aquí referimos únicamente si este enlace se presentaba de manera apropiada o no, más no la duración del mismo. Es probable que en algunas ovejas y sus crías, el enlace no apropiado no fuera lo suficientemente profundo como para afectar la salud o desempeño de la cría, lo cual deberá ser determinado en estudios posteriores.

En conclusión, los resultados destacan la importancia de la condición corporal al parto de la oveja Pelibuey, sobre la viablidad de sus crías. Por ello se sugiere realizar la evaluación de este indicador con tiempo suficiente antes de parir, para poder establecer medidas nutricionales correctivas en caso de ser necesario, con la finalidad de no comprometer la sobrevivencia de los corderos y afectar los ingresos del productor.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Resultados generados a través de las actividades programadas en la Unidad Pecuaria Ovina, financiada mediante recursos fiscales del INIFAP.

LITERATURA CITADA

Díaz M.E.A., Martínez G.S., Moreno F.L.A, Jaramillo L.E., Gómez D.A.A., Salgado M.S. Factores de la oveja, del cordero y del ambiente asociados a la mortalidad de los corderos. Abanico Veterinario 2012; 2(1).

Dwyer C.M. Maternal behaviour and lamb survival: from neuroendocrinology to practical application. Animal 2014; 8(1): 102-112.

Dwyer C.M. The welfare of the neonatal lamb. Small Rumin Res 2008; 76: 31-41.

Espinoza-Montes F., Saavedra P.E., Ballardo M.C., Núñez R.W., Córdova Z.A. Causas y factores asociados con la mortalidad de neonatos en rebaños de ovino criollo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 33(5): e23789.

Espinosa M.M.A., Buendía R.G., Villaseñor G.F., Jiménez S.H.. El perímetro torácico como predictor del peso corporal de borregos Pelibuey. XLVI Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. 2019. 602-607.

Gardner D.S. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. Reproduction 2007; 133(1): 297-307.

Kenyon P.R., Corner-Thomas R.A. Breeding ewe lambs: an Australasian perspective. Animals 2022; 12(22): 3207.

Macedo R., Arredondo V., Rodríguez J., Ramírez J., López B. Efecto del sistema de producción, de la época de nacimiento y del sexo sobre la mortalidad neonatal de corderos Pelibuey. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2010; 12: 77-84.

National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: The National Academies Press. 384 p.

Pettigrew E.J., Hickson R.E., Morris S.T., Lopez-Villalobos N., Pain S.J., Kenyon P.R., Blair. H.T. The effects of birth rank (single or twin) and dam age on the lifetime productive performance of female dual-purpose sheep (Ovis aries) offspring in New Zealand. Plos One 2019; 14(3): 1-14.

Ratanapob N., VanLeeuwen J., McKeena S., Witchel M., Stryhn H., Rodríges-Lecompte J.C., Menzies P., Witchel J. Management factors associated with perinatal lamb mortality in Prince Edward Island flocks. Preventive Veterinary Medicine 2020; 180: 105035.

Romero O. Evaluación de la condición corporal y edad de los ovinos. Informativo No. 79. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Temuco, Chile, 2015. 4 p.

Shen-Jin LV, Yang Y, Li F. Parity and litter size effects on maternal behavior of Small Tain Han sheep in China. Animal Science Journal 2016; 87(3): 361-369.

Tesema Z., Deribe B., Kefale A., Lakew M. Tilahun M, Shibesh M, Belayneh N, Zegeye A., Worku G, Yizengaw L. Survival analysis and reproductive performance of Dorper x Tumele sheep. Heliyon 2020; 6(4): e03840.

Wallace J.M., Shepherd P.O., Milne J.S., Aitken R.P. Perinatal complications and maximizing lamb survival in an adolescent paradigm characterized by premature delivery and low birthweight. Plos One 2021; 16(11): e0259890.

EFECTO DE LATEMPERATURA AMBIENTAL EN VARIABLES DE COMPORTAMIENTO DE BECERROS ESTABULADOS EN CENTRO DE ACOPIO, EN TROPICO SECO

Damián V.M.A[1*]., Robledo R.E.E[1]., Rojas H.S[1]., Olivares P.J[1]., Aguirre F.V[2]., Merchant F.I[2] y Quiroz C.F[1*].

[1]Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. Carr. Altamirano-Iguala km. 2.5 Col. Querenditas, 40660, Cd. Altamirano, Guerrero. México.

[2] Universidad Autónoma del estado de Morelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad 1001 Colonia Chamilpa, 62210. Cuernavaca, Morelos. México.

*Fredy Quiroz Cardoso, Carr. Altamirano-Iguala km. 2.5 Col. Querenditas, 40660, Cd. Altamirano, Guerrero. México. 17731@uagro.mx, Tel. 767 102 99 77.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar variables de comportamiento en becerros para engorda en centro de acopio y temperatura ambiental en tres horarios del día. Fueron observados un total de 1270 becerros en un periodo de 30 días. Las observaciones se realizaron durante el primer día de llegada de los animales, durante periodos de10 minutos en tres horarios diferentes del día (10:00 h, 14:00 h y 18:00 h). En cada periodo de observación se registró el número de animales que realizaron los comportamientos de vocalización, pelea, monta, golpear y juego sin contabilizar la cantidad de veces que lo realizaron y la temperatura ambiental. La vocalización fue el comportamiento que más realizaron con 46% del total de animales, seguido de pelea con 32.8%, monta 31.6 %, golpear 24.3 % y juego 5.8 %. La mayor actividad de los animales se observó en los horarios de 10:00 h y 18:00 h cuando la temperatura ambiental promedio fue de 30°C con 57 % y 52 % de animales en actividad respectivamente, mientras que en el horario de 14:00 h cuando la temperatura fue de 38°C solo el 33.1% de animales realizaron actividades. Al reagrupar animales de distinto origen en ambientes desconocidos muestran incomodidad y angustia realizando conductas que indican estrés. La temperatura ambiental durante el día es un factor que regula el comportamiento de los animales modificando su conducta y bienestar.

Palabras clave: Conducta, Vocalización, Bienestar animal

INTRODUCCIÓN

El Bienestar animal (BA) está relacionado con todo aquello que tenga relación con el confort de los animales, actualmente el BA es un tema de importancia a tomar en cuenta en las unidades de producción, su importancia está relacionada con el trato que el humano proporciona a los animales durante el manejo y transporte a los centros de acopio o plantas de sacrificio, el manejo influye en el comportamiento de los animales y puede afectar su armonía y bienestar (De la Sota, 2004).

Las condiciones ambientales que existen en el trópico seco como temperatura ambiental, precipitación pluvial, humedad relativa, velocidad del viento, son factores importantes en la producción de ganado bovino, y su desempeño productivo depende en gran parte de su capacidad para adaptarse a estas condiciones ambientales (Córdova et al., 2010).
El clima es un factor importante que afecta la actividad ganadera en forma directa, modificando el comportamiento animal (Corzo et al*.,* 2004). Las variables meteorológicas principales, que influyen en el estado térmico del cuerpo de los animales, según Bavera (2004) son: temperatura del aire, radiación solar, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento. Las desviaciones

* [1]Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia. Carr. Altamirano-Iguala km. 2.5 Col. Querenditas, 40660, Cd. Altamirano, Guerrero. México.
[2] Universidad Autónoma del estado de Morelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad 1001 Colonia Chamilpa, 62210. Cuernavaca, Morelos. México.
*Fredy Quiroz Cardoso, Carr. Altamirano-Iguala km. 2.5 Col. Querenditas, 40660, Cd. Altamirano, Guerrero. México. 17731@uagro.mx, Tel. 767 102 99 77.

acentuadas de estas variables, a partir de las condiciones óptimas, provocan alteraciones en el ritmo de las actividades vitales, tales como: temperatura corporal, ingestión, digestión, respiración, circulación de la sangre y el estado de las glándulas de secreción interna (Álvarez, 2004), y como resultado disminuyen considerablemente los rendimientos productivos, al mismo tiempo se afecta el estado de salud de los animales (Bergerón y Lewis, 2002).
Por lo tanto el objetivo de este estudio fue medir la temperatura ambiental y algunas variables comportamiento de becerros para engorda en centro de acopio en tres horarios diferentes del día.

MATERIAL Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en un centro de acopio ubicado en el municipio de Pungarabato, de la región Tierra Caliente del estado de Guerrero, México. Localizado a 18°25' N, 100°31' W y altitud de 250 m. El clima es AW0 descrito como cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 35.5 °C, precipitación media de 1000 mm y humedad relativa de 72.2 % (García, 2004).

Animales

Los animales observados fueron becerros para engorda, provenientes de diferentes unidades de producción bovina, ubicadas de la región Tierra Caliente. Las edades de los animales oscilaron entre 7 y 18 meses. El peso de los animales fue variable clasificándolos de la siguiente manera: animales chicos (CH) los que tenían un peso de 160 a 230 Kg y medianos (M) de 231 a 300 kg de peso vivo. Las razas de los animales fueron: cruzas de razas cebuinas con Charolais, Simental, Beefmaster, Suizo pardo.

Alimentación

Los animales Son alojados en corrales de manejo y se proporciona agua a libre acceso en bebederos de acero inoxidable provistos con sistema de flotador para su llenado, también se suministra paja de avena y un alimento comercial con 12 % de proteína.

Instalaciones

En el centro de acopio se cuenta con seis corrales de aproximadamente 650 m^2 Para manejo de los animales y un corral de recepción de la misma dimensión, provistos de bebederos y comederos portátiles. Los corrales tienen sombra natural (árboles). Los corrales de manejo están construidos con tubos de acero, postes de cemento y pisos de tierra, también existía una manga recta para manejo de los animales, la cual tiene 10 m de longitud y 0.80 m de ancho que conduce a un tanque para baño de inmersión de 9 m de longitud y 2 m de profundidad, a su vez también la manga comunica a otros corrales de manejo. La manga esta provista de embudo para facilitar el ingreso de los animales y en su parte final se ubica una trampa mecánica para inmovilizar los animales durante el manejo. El centro de acopio cuenta con rampa para carga y descarga de animales. Además una báscula con capacidad de 1,500 Kg.

Manejo de los animales

En el centro de acopio la recepción de animales inició a las 8:00 h y finaliza a las 15:00 h. Los animales ingresaron por la rampa de carga y descarga, luego pasan a la báscula donde se registra su peso individual, en seguida son identificados con un arete de plástico numerado que se coloca en la oreja izquierda de cada animal. Posteriormente los animales son alojados en un corral de recepción provisto de comedero y bebedero, permaneciendo ahí hasta el día siguiente que son ingresados a la manga de manejo para recibir una aplicación de antibiótico y baño de inmersión para control de ectoparásitos. Posterior al manejo los animales son reagrupados de acuerdo a su peso CH y M para ser alojados en corrales diferentes donde permanecen durante un periodo de cuatro días en promedio, para posteriormente ser enviados a corrales de engorda y finalización.

Toma de datos

Los datos fueron tomados en el corral de recepción mediante observación directa de los animales en el primer día de llegada, al centro de acopio. Las observaciones se realizaron a las 10:00h, 14:00h y 18:00 h durante 10 min en cada horario, registrando el número de animales que realizó cada comportamiento evaluado sin importar la cantidad de veces que lo realizaron. Las observaciones se realizaron durante 30 días.

Variables de comportamientos observadas

Cuadro 1. Comportamientos observados en becerros para engorda provenientes de diferentes unidades de producción y reagrupados en centro de acopio.

Comportamiento	Descripción
Vocalizaciones	Se registró el número total de animales que realizaron la conducta de vocalización en cada periodo de observación.
Monta	Fue considerado el número de animales que montaron a otros animales durante los periodos de observación.
Pelea	Se registró el número de animales que pelearon o intentan pelear con otros animales en cada uno de los periodos de observación.
Golpear	Se registró el número total de animales que golpearon o intentaron golpear a otros animales ya sea con la cabeza u otra parte de su cuerpo.
Juego	Se registró el número total de animales que realizaron el comportamiento de juego.

Medición de temperatura ambiental

La temperatura ambiental fue medida y registrada en cada periodo de observación utilizando un termómetro ambiental Taylor, obteniendo un promedio para cada horario de observación durante el tiempo de estudio.

Análisis de datos

Los datos de las variables de comportamiento fueron ordenados y capturados en una hoja de cálculo Microsoft Excel, y presentados en porcentajes mediante gráficas y los horarios de evaluación fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruscal Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) vocalización

Durante el periodo de evaluación se observaron un total de 1270 animales de estos, 310 (24%) fueron clasificados como chicos (CH) de los cuales el 68.7% realizó la conducta de vocalización, mientras que 960 (76%) animales fueron clasificados como medianos (M) de los cuales el 38.8 % de los animales vocalizo. Lo que muestra que una mayor cantidad de animales CH realizaron la conducta de vocalización, probablemente sea debido a que tienen mayor dificultad para adaptarse a nuevos entornos al ser separados del resto de su grupo o de sus madres, que en algunos casos aún se encuentran amantando. Horvath y Miller (2018) indican que los animales pequeños que están expuestos a entornos físicos y sociales cambiantes, emiten vocalizaciones frecuentes, aumentan su

tiempo de caminata y su capacidad para adaptarse tiene implicaciones en su rendimiento y comportamiento. Romero y Sánchez, (2012) Indican que los animales estresados durante el manejo son estimulados a desarrollar diversas conductas como orinar, defecar y vocalizar. Es muy probable que los animales M tengan mayor habilidad de adaptación a otros ambientes o bien hayan sido acostumbrados a convivir con animales de otros grupos sociales razón por la cual un menor número de animales realizó este comportamiento.

b) Monta

El comportamiento de monta fue observado en 31animales (10%) CH y 271 (28.2%) de animales M. Los animales M realizaron más este comportamiento, esto pudo ser debido a que fueron agrupados con animales CH y de menor jerarquía lo que probablemente fue factor para que un mayor número de animales M realizara este comportamiento. Mhlangabezi et al. (2021) indican que al reagrupar a bovinos de nueve meses de edad observaron mayor cantidad de cabezazos, montas y amenazas en las semanas 1 a 5 en comparación con las semanas 6 a la 15.

c) Pelea

Este comportamiento se observó en 393 (40.9%) M y 24 (7.7%) CH. Es probable que los M al ser agrupados junto a animales con diferente nivel de jerarquía realizaran este comportamiento para establecer un nuevo nivel de jerarquía en el grupo. Por otro lado es probable que los animales CH por ser de menor talla no mostraron interés por enfrentar animales más grandes.

d) Golpear

Este comportamiento se observó en 27 (8.7%) animales CH, mientras que en los M el resultado fue de 281 (29.3%). Los CH realizaron menos esta conducta debido que destinaron su tiempo a vocalizar y caminar por diversas partes del corral explorando su nuevo entorno sin mostrar interés por socializar o agredir a otros animales. Comparativamente con los animales M quienes mostraron más interés por reunirse con sus compañeros y competir por espacios, siendo inevitable golpear. Damian et al. (2020) indican que cuando se manejan grupos de animales más grandes incrementa el número de conductas agresivas, del mismo modo la conducta de golpear se incrementa cuando los animales de menor jerarquía invaden el espacio de otros animales de mayor jerarquía. Así mismo Asres y Amha (2004) mencionan que cuando se crean nuevos grupos de diferente edad y peso se incrementa el comportamiento agonista de los animales.

e) Juego

De las variables observadas el juego fue la menos realizada por los animales CH y M con 5.2% y 6.0% animales respectivamente. El menor número de animales que realizaron este comportamiento puede ser consecuencia que los animales fueron reagrupados en un ambiente extraño para ellos, con miembros desconocidos generando un ambiente tenso y con falta de condiciones de bienestar. De acuerdo a lo descrito por Mintline et al. (2013) el comportamiento de juego puede reducirse durante experiencias negativas. Orihuela y Galina (2019) indican que la adaptación de los terneros con nuevos compañeros, nuevos hábitos alimenticios, rompimiento del vínculo materno, son factores estresantes para el ternero y la expresión de comportamientos agonistas puede aumentar.

Horarios de evaluación

Los horarios de observación de 10:00 h y 18:00 h mostraron diferencia estadística $P<0.05$ con respecto al horario de 14:00 h. Con 724 (57 %), 661 (52 %) y 424 (33.1%) de animales que realizaron alguna conducta respectivamente (Figura 1). La razón por la que un menor número de animales realizaron actividad a las 14:00 h puede ser debido a que durante este periodo, la temperatura ambiental fue mayor con respecto a los otros horarios de evaluación. Durante este periodo se observó una mayor cantidad de animales en sombra descansando o rumiando. Durante los periodos 10:00 h y 18:00 h se observó un mayor número de animales en movimiento en las áreas de comedero, bebedero u otras áreas del corral. La mayor actividad de los animales favoreció que más animales realizaran alguna o varias conductas. El promedio de temperatura ambiental para los horarios 10:00 y 18:00 h fue de 30°C mientras que para el horario de 14:00 h fue de 38°C. Se cree

que este fue un factor importante para que los animales tuvieran mayor actividad en los horarios de menor temperatura. Al respecto Suarez et al. (2012) Reportaron una disminución del pastoreo y aumento de la rumia en bovinos cundo la temperatura del día fue mayor a 37°C y afirman que los factores ambientales como temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del aire, tienen un efecto sobre el comportamiento del ganado.

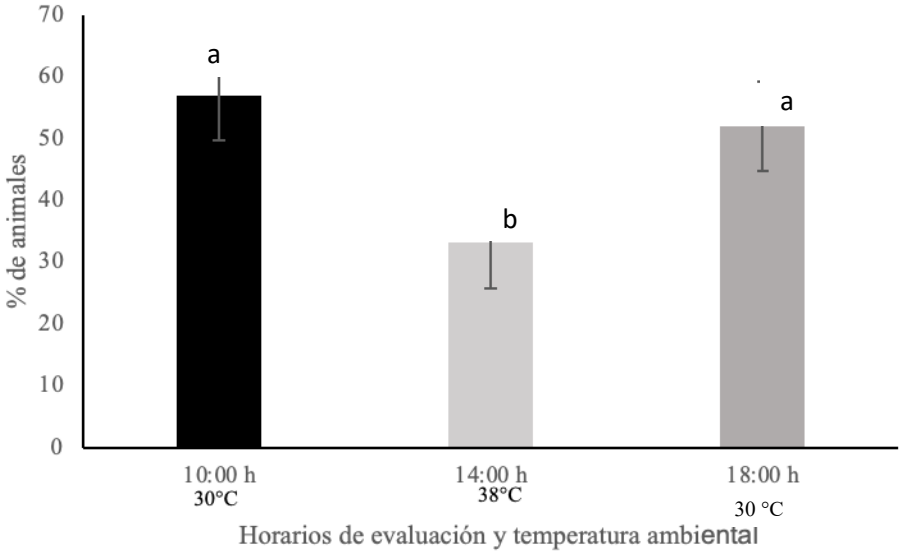


Figura 1. Porcentaje (±EE) de animales que realizaron algún comportamiento y temperatura ambiental, en tres horarios diferentes del día (10:00h, 14:00 y 18:00h) en condiciones tropicales. [ab] Diferentes literales indican diferencia estadística (P<0.05) Kruscal Wallis.

CONCLUSIÓN

La temperatura ambiental durante el día es un factor que tiene influencia sobre el comportamiento de los becerros estabulados en centro de acopio, modificando su conducta y bienestar.

Los animales de menor talla mostraron más conductas indicativas de estrés

LITERATURA CITADA

Álvarez, A. 2004. Fisiología de la termorregulación de los vertebrados superiores en su entorno. Curso Facultad Medicina Veterinaria. UNAH. La Habana, Cuba. 23 p.

Asres, A., Amha, N. Efect of stress on animal health: a review. J Biol Agric Health 2004; 4(27):116-121.

Bavera, G.A. 2004. Comportamiento etológico de bovinos de carne. Curso de producción bovina de carne. Cap. IV. Fac. Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina. www. producción animal.com.ar

Bergerón, R. y Lewis, N. 2002. Transporte, salud y bienestar de los animales de granja. *Rev. Producción Animal.* 4-23:178

Córdova IA, Murillo MAL, Castillo JH. 2010. Efecto de factores climaticos sobre la conducta reproductive bovina en los trópicos, revisión. RED-VET; (11) 1-12

Corzo, J.A., García, L.A.; Silva, J.J., Pérez, E. y Geerken, C. 2004. Regularidades de las influencias ambientales. En: Zootecnia General, un enfoque ecológico. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. p. 46.

Damián, M. Á., Aguirre, V., Orihuela, A., Pedernera, M., Rojas, S., y Olivares, J. 2020. Tiempo de manejo y algunas conductas relacionadas con el estrés al manejar grupos grandes o reducidos de ganado en mangas rectas. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(3): 905-913.

De la Sota, M. 2004. Manual de procedimientos en bienestar animal. Dirección de Luchas Sanitarias. Dirección Nacional de Sanidad Animal. Sitio argentino de Producción Animal. Buenos Aires Argentina.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. (I. de Goegrafía-UNAM, Ed.) (Quinta edi). México. Obtenido de http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf

Horvath, K. C., and Miller-Cushon, E. K. 2018. Characterizing social behavior, activity, and associations between cognition and behavior upon social grouping of weaned dairy calves. *Journal of dairy science*, *101*(8), 7287-7296.

Mhlangabezi, S., Voster M. and Yonela, Z. N. 2001. Behavioral and Haemato-Biochemical Responses of Nguni and Boran Steers Post Relocation and Herd Regrouping in a Novel Environment, Journal of Applied Animal Welfare Science, 24 (1) 39-55.

Mintline, E. M., Stewart, M., Rogers, A. R., Cox, N. R., Verkerk, G. A., Stookey, J. M., and Tucker, C. B. 2013. Play behavior as an indicator of animal welfare: Disbudding in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, *144:*(1-2) 22-30.

Orihuela, A., y Galina, C. S. 2019. Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, *9:*(5), 223.

Romero PM, Sanchez VJ. 2012. Animal welfare during transport and its relationship with meat quality. J MVZ Cordoba. (17):2936-2944.

Suárez, P.E., Reza, G.S., Díaz, A.E., García, C.F., Pastrana, V.I., Cuadrado, C.H. y Espinoza, C.M. 2012. Efecto de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el valle de Sinú. Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13 (2): 207-212.

CONDICIONAMIENTO OPERANTE EN CAPRINOS EN ESTABULACIÓN EN ALTIPLANO.

Chávez V.G.J.*, Cabrera D.E.M., Granados R.L.A., Guerrero B.G.

Resumen

Dentro de las producciones caprinas con distintos fines zootécnicos ha incrementado la preocupación por los manejos y condiciones en los cuales se desarrollan estos animales y el efecto que tienen en el bienestar animal. Usualmente el sistema estabulado no satisface las necesidades conductuales de la especie y puede predisponer a la presentación de distrés y estereotipias en los animales, reduciendo la producción y dificultando el manejo para aquellos encargados de trabajar con los animales. Una alternativa que está en tendencia para mejorar el bienestar animal es el enriquecimiento ambiental, a través del cual se pueden expresar comportamientos naturales, cambiar el ambiente, estimular la cognición y obtener recompensas. En este trabajo se utilizó el condicionamiento operante, tanto como una forma de enriquecimiento ambiental como un entrenamiento para facilitar el manejo de los individuos. Para esto se utilizaron 6 cabritos prepúberes destinados a la enseñanza práctica de manejos clínicos y zootécnicos, y que más adelante cumplirán la función de sementales. El trabajo comenzó de forma grupal con la desensibilización a un clicker y enseñándoles a seguir una pelota de goma (target) en orden de obtener una recompensa, ya establecida la relación entre el click, el target y la recompensa, se comenzaron a introducir los comandos a los cuales se desea que respondan los sujetos, empezando por el comando "toca" (que el animal tenga contacto físico con el target), más adelante se introdujo el "toca" en movimiento y el comando "quieto" (que el animal no se mueva de un sitio, sin presencia del target). A través del uso de estos comandos se entrenó a los cabritos para realizar acciones que permitieran el manejo clínico/zootécnico, como subirse a una manga de manejo y la desensibilización al tacto en ciertas áreas durante el examen físico, así como la extinción de comportamientos no deseados. El condicionamiento también se individualiza tomando como criterio la jerarquía dentro del grupo, priorizando a los cabritos más grandes y dominantes. Esta separación durante los entrenamientos, además, permitió identificar particularidades en el comportamiento de cada cabrito y dirigir el entrenamiento para lograr un mejor avance.Este condicionamiento operante permite que los animales enfrenten mejor situaciones de estrés a las que serán expuestos como parte de un centro de enseñanza, mejorando su bienestar así como facilitando el trabajo de académicos, estudiantes, trabajadores del centro.

Introducción:

Los datos que se tienen actualmente nos indican que la domesticación de la especie caprina se originó en las tierras altas de Irán, hace unos 10.000 años. La cabra (*Capra hircus*) es una de las especies más antiguas con base en su domesticación.(1).

En la actualidad el ganado caprino se distribuye prácticamente en todo el mundo, el dato aproximado a nivel mundial es de 780 millones de cabezas, concentrándose la mayor parte de las zonas áridas y semiáridas del planeta. Dentro de los cuales los países subdesarrollados poseen el mayor número de cabras a nivel mundial, siendo su principal destino el autoconsumo/subsistencia y venta local.

* Chávez Vélez Gloria Jimena. Zopilote mojado 396, Colonia Benito Juárez Cd. Nezahualcóyotl. Edo. De México Código postal 57000

El país con mayor número de cabezas de ganado caprino es China con 183 millones, el siguiente es India con 120 millones, Pakistán con 55 millones y Sudán 42 millones. México ocupa la posición decimotercera a nivel mundial con aproximadamente de 8,786,027 millones hasta el año 2021.(2).

La caprinocultura en México tiene gran relevancia no sólo culturalmente, al formar parte de la gastronomía característica del país con platillos como La Birria, El Cabrito, El mole de caderas o la elaboración de quesos y dulces típicos, sino también económicamente hablando. La producción de leche en México en el 2021 fue de 166,516.248 litros, teniendo un costo promedio por litro de $6.83, En comparación con la producción de carne que tuvo un total de 40, 478.932 toneladas con un precio por kg de $69.20.(2).

Las nuevas tendencias sobre la producción, ya sea de carne o leche, nos impone como requisito el bienestar animal para poder asegurar la calidad de los productos. Tener un ambiente que favorezca el bienestar animal, contando con los manejos clínico-zootécnicos pertinentes son la base para mejorar el rendimiento y por ende la rentabilidad de la producción.(4).

Para poder tener una evaluación acerca del bienestar animal, se pueden medir algunos parámetros fisiológicos y productivos, como son la Ganancia Diaria de Peso, Peso al destete o Litros diarios producidos de leche, aunque existen mediciones a través de la observación física del animal y del rebaño.(5)

Dichas metodologías siempre se basan en las “5 libertades” presentadas en el año de 1965 por el ahora Farm Animal Welfare Commitee en Reino Unido.(5)

1. Libres de sed y hambre.
2. Libres de estrés físico y térmico.
3. Libres de dolor, lesiones o enfermedades.
4. Libres de demostrar sus patrones normales de comportamiento.
5. Libres de miedo o estrés.

El concepto de Bienestar Animal implica un estadio dinámico que varía en sus manifestaciones dependiendo del individuo, pero su definición siempre debe de cubrir las siguientes 3 categorías:

- ¥ Emocional: Se trata de la ausencia de un comportamiento y/o emociones negativas sobre el animal, en este caso los ejemplos más claros serían en dolor y el estrés.
- ¥ Fisiológica: animales que se encuentren sanos en su homeostasis, bien alimentados y que se están generando buenos parámetros productivos y reproductivos.
- ¥ Comportamiento natural: Expresando conductas normales propias de las cabras.(6)

Se han realizado investigaciones donde se puede observar que la domesticación ha ido ocasionando una reducción en el tamaño del cerebro, estas reducciones se han descrito en el sistema límbico, que es el encargado de controlar las emociones y la memoria.(7)

Por lo cual se tiene la creencia de que los pequeños rumiantes tengan habilidades cognitivas reducidas, por ende que sean animales que en teoría no cuentan con un proceso cognitivo complejo.(8)

Sin embargo los caprinos tienen características comúnmente asociadas a la cognición avanzada, siendo todo lo contrario a lo que se piensa de los animales ungulados. Cuentan con agudeza visual y sociedades complejas, cuentan anatómicamente con un labio superior y móvil, lo cual les permite manipular objetos, son herbívoros selectivos, prosperan en muchos lugares agrestes y gracias a estos factores ecológicos se ha sugerido que podrían tener un mayor beneficio cognitivo.(9)

Esta especie tiene un abundante comportamiento basado en sus ancestros, los cuales dan como resultado expresiones cognitivas distintas y que permanece en la cabra doméstica, mismas que no se fomentan en un sistema de producción estabulado.(10)

Los sistemas de estabulación la mayoría de las veces cuentan con un diseño simple, por lo cual aumentan los comportamientos estereotipados. Un gran número de artículos científicos demuestra que el enriquecimiento en los corrales tiene efectos positivos sobre los parámetros fisiológicos e inmunológicos.(11)

El condicionamiento operante es una ciencia experimental de la conducta que consiste en un conjunto de principios que explican cómo diversas alteraciones del medio ambiente de un organismo generan modificaciones en la conducta del mismo como consecuencia, entendiendo el concepto de conducta como todo aquello que hacen los organismo. (16)

Existen dos determinantes ambientales de la conducta: Histórica, basada en las experiencias previas de este organismo con el medio o medios similares y Contemporánea que se da a través de la observación y experimentación de una conducta para encontrar el ambiente responsable de la misma y a partir de esa causa generar nuevas experiencias al exponer al organismo a una determinada modificación ambiental de manera repetida durante varias semanas.

En condicionamiento operante se determina como “respuestas” a conductas realizadas o esperadas y “estímulos” al medio ambiente que se presenta. Las respuestas se dividen en dos tipos: Operantes/Instrumental y Refleja/Respondiente.

Los estímulos tienen una clasificación más variada, por ejemplo los estímulos evocadores que se refiere a aquellos estímulos que generan respuestas fijas innatas de cada especie, también llamadas respuestas reflejas; existen de igual manera los estímulos discriminatorios y los estímulos neutrales que no ocasionan ningún cambio en la conducta sin importar si van antes, durante o posterior a la respuesta. Otra clase de estímulos y de interés en este trabajo son los estímulos reforzantes o reforzadores que incrementan la probabilidad de que una respuesta ocurra en un futuro.

Se le llama Estímulo Reforzante Positivo o Reforzador Positivo cuando la aparición de un estímulo genera que aumente la probabilidad de que aparezca una respuesta, mientras que el Estímulo Reforzante Negativo o Reforzador Negativo se refiere al aumento de probabilidad en la aparición de una respuesta tras la desaparición de un estímulo.

Los reforzadores condicionados se presentan a un organismo mediante algún estímulo novedoso de manera repetida al mismo tiempo que otro estímulo que el organismo ya posea para así aumentar y reforzar la probabilidad de que la conducta ocurra en un futuro. Este tipo de reforzadores derivan de una secuencia ordenada de estímulos y respuestas que se denominan cadenas, cada respuesta conduce a un estímulo que en presencia de otra respuesta generará otro estímulo diferente, cada estimulo cumplira una doble función; como reforzador secundario al reforzar la respuesta que lo origina y como estímulo discriminativo que en su presencia ocasiona otra respuesta.

El entrenamiento de refuerzo positivo (ERP) y el entrenamiento de refuerzo negativo (ERN) se basan en los principios de condicionamiento operante en el que los animales aprenden asociaciones entre su propio comportamiento y las consecuencias de realizar ciertas conductas. La capacidad del animal para aprender sobre las consecuencias de sus acciones y por lo tanto tener control sobre su entorno tiene el potencial para mejorar en gran medida el bienestar.

El refuerzo negativo aumenta el desempeño de un comportamiento deseado y no debe confundirse con castigo, donde el estímulo aversivo se aplica después de la realización de un comportamiento con el fin de reducir la probabilidad de que vuelva a ocurrir. El alcance de la ERN para mejorar el bienestar es limitado, ya que el animal aprende a cooperar para evitar un estímulo aún más aversivo.

Por el contrario, con ERP, las recompensas se utilizan para aumentar el rendimiento de un comportamiento anterior. Así, por asociación, el animal aprende a realizar una determinada conducta o serie de conductas, en respuesta a una señal del entrenador, para recibir algo deseable, por ejemplo, un alimento preferido, elogios verbales o un juguete preferido.

Se han encontrado diferencias en el comportamiento equino y la fisiología basada en las técnicas de entrenamiento empleadas. Los caballos entrenados con ERP exhibieron un comportamiento más exploratorio y participaron más en las sesiones de capacitación que los capacitados con ERN. Una frecuencia cardíaca más alta en el grupo ERP en las últimas etapas de entrenamiento se consideró un factor fisiológico positivo, respuesta vinculada a una mayor motivación para participar y anticipación de recompensas alimenticias (20).

Material y Métodos.

El trabajo se realizará en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Avenida Cruz Blanca, San Miguel Topilejo, Número 486 Tlalpan, Ciudad de México.

La mayoría de los machos destinados a este trabajo serán los próximos reemplazos de semental del centro de enseñanza, por lo cual la intención es que dichos animales presenten una conducta sociable, generando el menor estrés posible durante el manejo para que en el futuro los estudiantes de los diferentes semestres no corran ningún riesgo ni los animales por dicho manejo.

Se manejara a seis machos cabríos prepúber de entre cinco y seis meses de edad, 1 macho de la raza saanen y 5 de la raza Alpino Francés, mediante condicionamiento operante únicamente utilizando el refuerzo positivo.

El clicker consiste en un pulsador que emite un sonido al presionarlo que fungirá como un reforzador secundario. Al otro extremo del clicker se encontrará una pelota de goma que funcionará como target, el cual nos sirve como un instrumento de guía para indicar una instrucción o comando a los animales.

El condicionamiento operante en los machos cabríos prepúber se realizará en primera instancia con una desensibilización al clicker. La desensibilización comenzará acercando el target al corral de los machos, en el momento en que alguno de los individuos toque el target con la punta de su nariz o belfos se presiona el clicker y se dice el comando “toca”, inmediatamente después del comando se le ofrecerá un poco de concentrado altamente palatable al macho como reforzador condicionado. Cuando los cabritos realicen acciones no deseadas como empujar al entrenador simplemente se les ignorara y se les pedirá un comando en el momento que se encuentren tranquilos (es decir con sus cuatro miembros apoyados en el piso). Una vez que los cabritos aprendan dicho comando se sacarán del corral de manera individual a un área de entrenamiento más grande para darles una mejor atención y evitar peleas entre ellos.

Las sesiones de entrenamiento tendrán una duración de 5-15 minutos como máximo por individuo. Estás sesiones serán dirigidas por dos entrenadores base.

El horario de entrenamiento se realizará todos los días a las 2 p.m exceptuando los días de lluvias.

El lugar de entrenamiento es un área cercada de 7 metros de largo por 5 metros de ancho con piso de tierra con distintas rampas y subidas para retar a los cabritos a usar sus habilidades físicas mientras siguen el target.

Resultados

El condicionamiento de los machos comenzó de manera grupal con el entrenador acercando el target por fuera del corral con los animales dentro del mismo, esto para realizar el menor cambio posible en el medio ambiente de los animales. Este ejercicio se repitió de manera diaria por un lapso de dos semanas con una duración aproximada de 10 minutos al día.

Se logró la desensibilización con el clicker y el target, así como el aprendizaje del comando "toca" desde la segunda sesión de entrenamiento, por lo que se les comenzó a aumentar la dificultad las siguientes sesiones al cambiar el target de lugar, haciendo que los cabritos se desplazarán a lo largo de toda la reja el corral. Para individualizar el proceso de aprendizaje se le asignó un nombre a cada uno de los machos:

NOMBRE	NÚMERO	RAZA
Salem	2667	Alpino Francés
Malo	2669	Sanen
Gaspar	2672	Alpino Francés
Botas	2680	Alpino Francés
Roberto	2681	Alpino Francés
Dan	2674	Alpino Francés

Durante las siguientes semanas se siguió enseñando el comando “toca” a todos los cabritos, con especial énfasis en “Salem” y “Malo” ya que, al ser los animales más grandes del corral, cuentan con el mayor rango en la jerarquía del mismo, además de ser los animales destinados a ser reemplazo de semental. Una vez aprendido el comando “toca” se comenzó a sacar del corral de uno en uno a los machos para individualizar su aprendizaje con el objetivo de realizar caminatas cortas siguiendo el target, llamándolos siempre por su nombre. Al cambiar su medio ambiente se busca crear un doble refuerzo al comando “toca".

En las primeras sesiones se repitió el comando entre distancias cortas de aproximadamente 1m para que el individuo mantuviera su atención en el target y no en los objetos, plantas u otras cabras que pudieran estar cerca de su campo de visión. Una vez que los individuos lograron realizar el comando de manera consecutiva en distancias cortas, se comenzó a prolongar la distancia entre comandos, primero cada medio metro y se fue incrementando hasta llegar aproximadamente a los 1-2m de distancia.

Esta última rutina se realizó aproximadamente por dos semanas, incrementando el nivel de dificultad, levantando el target a una altura aproximada de 1.5m del nivel del piso, de esta manera los machos debían primero buscar un apoyo físico para lograr alcanzar el target y posteriormente realizar el comando sin apoyos físicos, únicamente alzándose en sus miembros pélvicos.

La siguiente semana se realizó de manera diaria estas sesiones individuales dando caminatas fuera del corral pero agregando a sus caminatas un acercamiento a la manga de manejo, indicandoles los

puntos a avanzar con el target tras el comando “toca” que ya conocen, para lograr subirlos a la manga, mantenerlos y posteriormente bajarlos.

En vista del avance de Salem y Malo en individual y del resto de los machos dentro del corral se comenzó a trabajar en individual al siguiente en jerarquía; Gaspar. Este presentó mayor ansiedad para recibir la recompensa por lo que se optó por hacer comandos más cortos para evitar la frustración y no reforzar comportamientos no deseados.

Durante la semana 7 se cambió al grupo de recinto para que tuvieran más espacio, esto también funciona como refuerzo de los comandos al cambiar el ambiente y las características físicas del nuevo recinto permite trabajarlos en individual así como practicar subir y bajar a una estructura similar a como se hará en la manga de manejo.

Ya que los cabritos estaban bien familiarizados con el comando “Toca”, se aumentó la dificultad de este moviendo el target y recompensando después de dar uno o dos pasos, aumentando gradualmente la distancia que requerían caminar en línea recta para recibir la recompensa. El “Toca en movimiento” fue rápidamente dominado por Salem y Malo, mientras que con Gaspar se mantuvieron los comandos cortos por un poco más de tiempo.

Posteriormente se introdujo el comando “Quieto”. Observando el comportamiento del cabrito se detectó el momento en que se encontraba tranquilo, sin buscar atención o recompensa por parte de los entrenadores ni distraído por otros elementos del entorno, diciendo el comando en voz alta, mientras se hace sonar el clicker y se recompensa. Este último comando ha permitido a ambos operadores acercarse a realizar una ligera inspección externa, con el fin de poder realizar un Examen Físico General bajo el comando “Quieto”, en un futuro.

Durante las sesiones en individual se comenzaron a alternar los comandos Quieto, Toca, y Toca en movimiento, así como el rol entre entrenadores. Para el final de esta semana se observó que un comportamiento no deseado, levantarse para apoyar los miembros anteriores sobre el entrenador en busca de recibir el concentrado, se había reducido considerablemente en todos los machos.

Discusión

Por lo tanto los caprinos bajo el esquema del condicionamiento operante participan fácilmente y los ayuda a enfrentar situaciones nuevas que puedan generar estrés o ansiedad.(14). En el caso específico de estos animales, su principal actividad en el centro es la docencia por lo cual los animales están sometidos a condiciones de estrés constantes por diversos manejos (colección de semen, colección de sangre, recelo, descorne, etc).

Se ha demostrado que en los animales que no cuentan con un enriquecimiento ambiental, su actividad motora va en aumento que puede ser orientado hacia signos de estrés, dicho esto, es necesario para los animales contar con instalaciones enriquecidas o con estímulos cognitivos para mejorar su entorno.(18).

Trabajos que se han podido realizar en otras especies y en otras etapas productivas, se menciona que mejoran los parámetros productivos de la especie por lo cual esto podría ser un indicador importante para seguir realizando investigaciones en este tema para que se vuelva un opción más tangible para los productores.

El aumento gradual de la dificultad, los nuevos comandos aprendidos, así como los cambios de ambiente durante el condicionamiento tienen un efecto positivo a nivel emocional y fisiológico. Se ha observado en trabajos realizados con ganado que es probado con desafíos cognitivos, que una vez habiendo aprendido a realizar la tarea requerida para la obtención de la recompensa ocurre un aumento en el ritmo cardiaco en anticipación a la recompensa, que podría entenderse como una emoción relacionada al logro; por otra parte, en trabajos realizados en cabras, después de haber

aprendido a accionar discriminativamente un dispositivo para obtener una recompensa, se observó disminución del ritmo cardiaco relacionada con el dominio de esta tarea. (15)

Cabe destacar la importancia del trabajo individual con los caprinos ya que estos parecen preferir la experiencia personal antes que la colectiva o a través de la observación e imitación al momento de adquirir un nuevo aprendizaje. (19)

Conclusión

Los sistemas de producción caprina que se encuentran estabulados y cuentan con algún tipo de enriquecimiento ambiental, han demostrado que promueven cambios neuronales, fisiológicos y conductuales positivos para la especie. Dentro de los cuales podrían incluir comportamientos más naturales teniendo a su vez una mayor flexibilidad de la conducta, mejora en la condición física y un desarrollo cognitivo promoviendo el crecimiento dendrítico en la corteza parietal y la neurogénesis del hipocampo.(12).

Los datos que se han podido ir analizando sugieren que el enriquecimiento ambiental a temprana edad (cabritos) es fundamental para que sean capaces de poder interactuar tanto física y cognitivamente con los enriquecimientos posteriores de manera segura.(13).

Debemos tomar en consideración que las instalaciones de pisos planos nos simplifican la higiene y la administración de alimento, pero no van a satisfacer las necesidades naturales de las cabras y no proporcionan los componentes para una “Buena Vida”.(15).

Los sistemas de producción caprina que puedan manejar enriquecimientos ambientales o condicionamiento operante en los animales, mejorará el entorno de dichos animales, reflejándose en el aumento de conductas naturales de la especie, disminuyendo el comportamiento agonista entre congéneres.

Como centro de enseñanza veterinaria se deben implementar técnicas y herramientas que mejoren las condiciones de bienestar de los animales, y que también tengan un efecto positivo de acuerdo al fin zootécnico al que estén destinados los animales, siendo una fuente de aprendizaje para productores, propietarios y MVZs.

Bibliografía:

1. Zeder, M.A. (2000). The Initial Domestication of Goats (Capra Hircus) in the Zagros Mountains 10,000 Years Ago. Sciencie, 287 (5461), 2254-2257.doi: 10.1126/Sciencie.287.5461.2254

2. SIAP

3. Alonso M, González-Montaña J, Lomillos J. Consumers' Concerns and Perceptions of Farm Animals. Animals. 2020; 10(3).

4. Brambell FW. Report of the Technical Committee to Enquire Into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems. UK: GB Parliament; 1965.

5. ElAich A, Asraoui M, Rittenhouse LR. Effect of travelling to water on temporal behaviour and ingestion of herded sheep in Morocco. Applied Animal Behaviour Science. 1991; 31.

8. Zeder MA: Caminos hacia la domesticación de animales. En Harlan II: Biodiversidad enAgricultura: domesticación, evolución y sostenibilidad. Editado por Damania A, Gepts P. Davis: Universidad de California; 2011:227–259.

9. Kruska DCT: Sobre el significado evolutivo de la encefalización en algunos mamíferos euterios: efectosde la radiación adaptativa, la domesticación y la feralización. Brain Behav Evol 2005, 65:73–108.

10. Goetsch AL, Gipson TA, Askar AR, Puchala R: Comportamiento alimentario de las cabras. J Anim Sci 2010, 88:361–373.

11. Zobel, G., Neave, HW, Webster, J., 2019. Comprender el comportamiento natural para mejorar los sistemas de gestión de cabras lecheras (Capra hircus). Traducir Animación ciencia 3, 212–224. https://doi.org/10.1093/tas/txy145.

12. Mandel, R., Whay, HR, Klement, E., Nicol, CJ, 2016. Revisión invitada: ambientalenriquecimiento de vacas lecheras y terneros en estabulación bajo techo. J. Ciencias de la leche. 99, 1695–1715.https://doi.org/10.3168/jds.2015-9875.

13. Leggio, MG, Mandolesi, L., Federico, F., Spirito, F., Ricci, B., Gelfo, F., Petrosini, L.,2005. El enriquecimiento ambiental promueve mejores habilidades espaciales y mayor crecimiento dendrítico en la rata. Comportamiento Res. cerebral. 163, 78–90. https://doi.org/10.1016/j. bbr.2005.04.009.

14. Clemenson, GD, Deng, W., Gage, FH, 2015. Enriquecimiento ambiental y neurogénesis: de ratones a humanos. actual Opinión Comportamiento ciencia 4, 56–62. https://doi.org/10. 1016/ j.cobeha.2015.02.005.

15. Langbein, J., Siebert, K., Nürnberg, G., 2009. Sobre el uso de un dispositivo de aprendizaje automatizado por cabras enanas alojadas en grupo: ¿buscan las cabras desafíos cognitivos? aplicación Animación Comportamiento ciencia 120, 150–158. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.07.006.

16. FAWC, 2009. Bienestar de los animales de granja en Gran Bretaña: pasado, presente y futuro. Londres. .Finkemeier, M.-A., Langbein, J., Puppe, B., 2018. Investigación de la personalidad en mamíferos animales de granja: conceptos, medidas y relación con el bienestar. Frente. Veterinario. ciencia 5, 131. https://doi.org/10.3389/FVETS.2018.00131.

17. Reynolds, G. S. (1977). *Compendio de condicionamiento operante*. Editorial Ciencia de la Conducta.

18. Petersen V, Simonsen HB, Lawson LG. The effect of the environmental stimulation on the development of behaviour in pigs. Applied animal Behaviour Science 1995; 45:215-224.

19 Nawroth C. Invited review: Socio-cognitive capacities of goats and their impact on human-animal interactions. Small Ruminant Research 2017, 150: 70-75. http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.03.005.

20. Innes L, McBride S. Negative versus positive reinforcement: An evaluation of training strategies for rehabilitated horses. Applied Animal Behaviour Science. 2008;112(3–4):357–68. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.08.011.

COMPORTAMIENTO DE LA VACA LECHERA DURANTE EL PREPARTO Y EL REINGRESO AL CORRAL DE PRODUCCIÓN DESPUÉS DEL PARTO

Cortés, F de A. N*., Pérez, M. L., Barrientos, P. J S. y Galindo, F.

Resumen

La reagrupación de las vacas es un manejo común de las granjas, esta Esta práctica se realiza con el fin de mantener grupos homogéneos en cuanto a producción de leche o etapa de lactancia. Estudios previos sobre el reagrupamiento social de las vacas demuestran un aumento de las interacciones agresivas debido a la competencia por los recursos y los conflictos jerárquicos. Una vez que la vaca está en la etapa de periparto, es separada de sus compañeras y llevadas a un paridero, una vez que pare, se presenta el comportamiento materno. Tras el parto la madre permanece cerca de su cría, inclusive durante el descanso, se presentan lamidos largos y frecuentes, así como vocalizaciones bajas para establecer el vínculo madre-cría. Once vacas lecheras Holstein fueron mantenidas en el mismo corral de producción durante 5 meses, sin cambios sociales, se observaron durante el preparto y el reingreso al mismo corral de producción después del parto y se midieron las conductas de mantenimiento (descanso, locomoción, alimentación, rumia, acicalamiento) y conductas sociales (agresiones con y sin contacto, evasión y conductas afiliativas). Se encontró la disminución de las conductas de mantenimiento, excepto la alimentación, que se incrementó. En cuanto a las conductas sociales, se encontró una disminución estadísticamente significativa. Los resultados mostraron que el incremento en la conducta de alimentación puede deberse a la separación madre-cría, mostrando una conducta de desplazamiento al no poder cuidar de su cría, además la disminución de todas las conductas sociales también se debe a la angustia de la separación con su cría. No fue necesario reestablecer la jerarquía dentro del hato, puesto que no existió ningún cambio social y las vacas reconocían el corral de producción, además tras la separación de sus compañeras debido al parto, seguían en contacto directo, puesto que el paridero se encontraba al lado del corral de producción. Finalmente, en este estudio se demostró que la separación de la cría puede incrementar el aumento en la conducta de alimentación, siempre y cuando las vacas regresen al mismo corral de producción y con animales conocidos.

Introducción

Comúnmente, las vacas se destetan inmediatamente después del nacimiento y se mezclan en diferentes grupos sociales según la edad. Esta práctica se realiza con el fin de mantener grupos homogéneos en cuanto a producción de leche o etapa de lactancia (Grant and Albright, 2001). Estudios previos sobre el reagrupamiento social de las vacas demuestran un aumento de las interacciones agresivas debido a la competencia por los recursos y los conflictos jerárquicos (Phillips and Rind, 2001; Castro et al., 2012). Además, los comportamientos de mantenimiento más comúnmente afectados en este contexto son la alimentación y el descanso, además se presenta disminución en la producción de leche y aumento en la locomoción luego del primer día de reagrupamiento (Torres-Cardona et al., 2014; Scheurwater et al., 2021). Scheurwater et al. (2021) también reportaron aumento de la locomoción, reducción del tiempo de rumia y disminución de la producción de leche, principalmente en vacas que presentaron estrés por calor y estro. Una vez que la vaca está en la etapa de periparto, es separada de sus compañeras y llevadas a un paridero, una vez que pare, se presenta el comportamiento materno. Tras el parto la madre permanece cerca de su cría, inclusive durante el descanso, se presentan lamidos largos y frecuentes, así como vocalizaciones bajas (boca cerrada) (Marchant-Forde et al., 2002) para establecer el vínculo madre-cría (Watts and Stookey, 2000). Durante la separación de la cría, la hembra se muestra ansiosa, se presentan vocalizaciones altas, disminuye la frecuencia de la rumia y permanece de pie por más

* *Cortés Fernández de Arcipreste Norhan, Carretera Cuautitlán - Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, 54714, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. ncfa@cuautitlan.unam.mx, 5535324663.

tiempo, sobre todo en las hembras multíparas (Ungerfeld et al., 2011) incrementa su actividad aun estando sólo 5 minutos con la cría (Flower and Weary, 2001; Flower and Weary, 2003).

Todas estas conductas ante la separación de la cría van disminuyendo conforme pasa el tiempo, Pérez-Torres et al. (2016) reportan una disminución en los indicadores de estrés a las 48 horas de la separación, además reportan que las vacas más viejas muestran menores signos de estrés, sin embargo todas estas conductas expresadas ante la separación de la cría pueden ser reemplazadas por la alimentación según lo menciona Hopster et al. (1995). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento alimenticio de las vacas tras el reingreso a un corral conocido, con vacas conocidas después de permanecer con la cría por 24 horas.

Material y métodos

Animales y alojamiento

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. (19°41´N, 99°11´W). El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE-FESC, folio C 14-10). Once vacas lecheras sanas (631 ± 17 Kg de peso corporal; media ± error estándar) con un rango de 4 - 6 años de edad (5.2 ± 0.1; media ± error estándar) se utilizaron en el estudio. Se mantuvieron juntas en un corral de producción desde la etapa de preparto (aproximadamente 5 meses antes del parto) hasta un mes después del parto. El corral de producción contaba con 2 hileras de cubículos con 10 cada una de ellas, un bebedero, comedero y saladero. Se trabajó en parideros de 4 x 4 metros que contenían un comedero y bebedero. El techo tenía una lámpara que se encendía por la noche, la cama era de paja y por medio de la prueba de rodillas se comprobó el confort. Cuatro videocámaras (Modelo KC5942-F, Meriva security, Guangzhou, China) con luz infrarroja fueron montadas en cada esquina del corral de producción y posteriormente en las esquinas del paridero a cuatro metros de altura del suelo. La ración se basó en ensilado de maíz, alfalfa acicalada y paca de avena, además de concentrado Dairy Rooll con 17% de proteína (una vez al día) y se complementó con concentrado durante las ordeñas después del parto.

Observaciones y medición del comportamiento

Las vacas se observaron diariamente durante 6 horas. El día 1 de 08:00 - 14:00, el día 2 de 14:00 - 20:00 y así sucesivamente completando un ciclo de 24 horas en 4 días por tratamiento (Harcourt, 1978). Las observaciones preparto se llevaron a cabo por 24 horas en el corral de producción, posteriormente cada vaca se llevó a un paridero individual dos días antes de la fecha programada de parto para su habituación (previa revisión clínica por parte del médico encargado). Las cámaras grabaron 24 horas antes, durante y 24 horas después del parto. La separación de la cría se realizó aproximadamente a las 24 horas del nacimiento debido al manejo del rancho y también se observó por 24 horas tras el ingreso al mismo corral de producción y sin cambios sociales. Las variables observadas fueron: descanso, alimentación, rumia (parada o echada) y locomoción, todas estas variables se midieron en proporción de tiempo calculadas como número de barridos por comportamiento / número total de muestreos de barrido. Episodios de descanso, episodios de rumia y episodios alimentación, estas variables se midieron en frecuencias / unidad de tiempo (h). En cuanto al comportamiento social se tomaron las frecuencias de agresiones totales, agresiones con contacto, agresiones sin contacto, comportamiento afiliativo y evasiones.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa IBM SPSS Statistic 20.0 Se comenzó con un análisis descriptivo de las conductas observadas, obteniendo media y error estándar. Los datos para conocer las diferencias del comportamiento de mantenimiento antes del parto y al reingreso al corral de producción después del parto y los comportamientos sociales fueron analizados mediante la prueba de Wilcoxon.

Resultados

En el cuadro 1 se encuentran los resultados de la estadística descriptiva del comportamiento de mantenimiento durante el preparto y al reingreso al mismo corral de producción y con las mismas compañeras. En el cuadro 2 se observa las diferencias entre el preparto y el reingreso al corral de producción de las conductas tanto agonistas como afiliativas de las vacas lecheras.

Cuadro 1.- Proporción* del tiempo y frecuencias† del comportamiento de mantenimiento durante el preparto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

Conducta	Preparto	Reingreso
Descanso*	48.00 ± 4.0	42.09 ± 6.0
Alimentación*	22.90 ± 1.58	29.45 ± 3.93
Locomoción*	1.45 ± 0.52	0.63 ± 0.67
Rumia*	45.36 ± 3.58	12.45 ± 4.88
Episodios descanso†	6.61 ± 1.46	6.73 ± 1.95
Episodios de alimentación†	8.55 ± 1.5	10.27 ± 1.4
Episodios rumia†	6.73 ± 1.55	6.73 ± 1.73

Media ± desviación estándar.

Cuadro 2.- Frecuencias del comportamiento social durante el preparto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

Conducta	Preparto	Reingreso
Agresiones totales	29.18 ± 14.05	11.36 ± 6.54
Agresiones con contacto	20.64 ± 9.54	7.55 ± 4.37
Agresiones sin contacto	8.55 ± 4.78	3.82 ± 3.34
Afiliativas	15.45 ± 6.53	8.27 ± 6.50
Evasiones	23.45 ± 8.54	7.73 ± 2.72

Media ± desviación estándar

La mayoría de las conductas del comportamiento de mantenimiento se vieron disminuidas cuando las vacas fueron reingresadas al corral de producción con las mismas condiciones que estuvieron durante el preparto, es decir, se regresaron al mismo corral y con compañeras ya conocidas. En el cuadro 3 se observa que sí existió diferencia significativa en las conductas individuales tras el reingreso al corral, excepto en los episodios de descanso y rumia. Por otro lado, la única conducta que incremento en proporción de tiempo de manera significativa al reingreso fue la alimentación. Durante el reingreso al corral de producción todas las conductas sociales disminuyeron encontrándose diferencias significativas (Cuadro 4).

Cuadro 3.- Prueba de Wilcoxon entre el preparto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento de mantenimiento.

Conducta	**Z**	**P**
Descanso total	-2.09	0.03
Alimentación	-2.94	0.003
Rumia	-2.94	0.003
Episodios de alimentación	-2.58	0.01
Locomoción	-2.16	0.03

Cuadro 4.-Prueba de Wilcoxon entre el preparto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento social.

Conducta	**Z**	**P**
Agresiones totales	-2.94	.003
Agresiones con contacto	-2.94	.003
Agresiones sin contacto	-2.81	.005
Afiliativas	-2.05	.040
Evasivas	-2.93	.003

Discusión y conclusiones

Diversos estudios demuestran el cambio en el comportamiento individual en vacas y novillos tras el reagrupamiento (Gupta et al., 2008; von Keyserlingk et al., 2008; Chapinal et al., 2014), en alojamientos extraños y con diferentes animales con los que nunca habían tenido contacto. De igual manera sucede con el comportamiento social debido al aumento de las interacciones agonísticas (Bøe and Færevik, 2003; Raussi et al., 2005; Castro et al., 2012) tanto en vacas, vaquillas y terneros debido a la formación de jerarquía.

La disminución en la conducta de descanso se ha observado en algunos estudios donde tanto primíparas como multíparas descansan menos (Chapinal et al., 2014) tras un secado abrupto y reingreso al corral de producción, lo que concuerda parcialmente con los resultados, pero no en la etapa productiva.

Conforme pasan los días del reingreso a un nuevo corral, se va incrementado el tiempo de descanso en primíparas (Miloslav et al., 2012) al igual que en multíparas retomándose el descanso de manera habitual al día siguiente de la reagrupación (von Keyserlingk et al., 2008) ya que ha establecido la jerarquía dentro del corral. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en el presente estudio tras el reagrupamiento, aunque en nuestro caso las vacas se reingresaron 24 horas posteriores al parto, pero, estuvieron separadas aproximadamente 4 días y todas fueron multíparas.

En la literatura anterior no se realizó separación de la cría antes de la reagrupación lo que puede influir en el descanso de las vacas. Como las vacas eran multíparas, regresaron al mismo

corral con el mismo manejo y compañeras, es posible que la disminución del descanso sea en gran medida debido a la separación de la cría.

Por el contrario la proporción del tiempo de descanso difiere de lo reportado por Schirmann et al. (2011) en vacas multíparas en su periodo seco, ellos observaron a las vacas secas durante el cambio a un nuevo corral y a las vacas que ya se encontraban en ese corral. No encontraron diferencia en el descanso antes y después del reagrupamiento, pero sí existió un cambio en los episodios de la conducta donde se incrementaron de 7.2 ± 0.5/ d antes del reagrupamiento a 8.2 ± 0.5 en el día del reagrupamiento y 8.3 ± 0.5 al día 1.

En el presente estudio los episodios de descanso tras el reagrupamiento no aumentaron, pero sí disminuyó el descanso total, lo contrario de lo reportado por Schirmann et al. (2011), la diferencia pudo ser que las vacas del presente estudio fueron separadas de sus crías, regresaron al mismo corral y con las mismas vacas, donde posiblemente el factor determinante para el cambio de conducta de descanso fue la separación de la cría.

En otro estudio la disminución del descanso en vacas lactantes de primera y segunda lactación se reportó el primer día tras el reingreso a un nuevo corral (336.3 ± 171.1, media ± desviación estándar) pero el segundo (628.0 ± 181.2) y tercer día (756.1 ± 140.3) se incrementó según lo reportado por Miloslav et al. (2012). Además, los episodios de descanso se incrementaron (7.34 ± 4.54, 14.07 ± 4.72 y 16.34 ± 4.41 durante el primer, segundo y tercer día después del reagrupamiento respectivamente) lo que concuerda con los resultados obtenidos, donde se observó una disminución en la proporción del descanso y en los episodios de la conducta en las primeras 24 horas.

Debido al reingreso a las 24 horas después del parto se presentó un incremento aproximado de 28% en la conducta de alimentación, se ha documentado un incremento de 1.5 – 2.5 kg/ semana de materia seca al inicio de la lactancia (Kertz et al., 1991) lo que repercute en el descanso debido a que pasan más tiempo de pie. El aumento en la alimentación se debe a la necesidad de nutrientes al inicio de la lactancia (Bruckmaier and Gross, 2017). En el presente estudio el aumento en la proporción del tiempo de la alimentación pudo estar dado también por la separación de la cría lo que provocó una conducta de desplazamiento (Huzzey et al., 2005).

Miloslav et al. (2012) no reporta diferencia estadística en la conducta de alimentación durante 3 días de observación tras el reagrupamiento de vacas lactantes de primera y segunda lactación, a pesar de que se ha reportado que un cambio de corral afecta negativamente la alimentación debido a los cambios en el orden social y el aumento de la conducta competitiva (Raussi et al., 2005).

Por otro lado, Schirmann et al. (2011) reportaron una disminución en el consumo de materia seca en las vacas reagrupadas el primer día, pero en las vacas que ya estaban en el corral no fue así. Las vacas que modifican su comportamiento de manera exacerbada son las que reingresan a un nuevo corral a diferencia de las vacas que están en un corral y reingresan nuevos animales. Lo que parece indicar que el cambio a un ambiente nuevo tiene mayor influencia que el reingreso con animales que jamás habían visto. Esto puede ser del porqué de nuestros resultados, ya que reingresaron al mismo corral y con las mismas compañeras, no se presentó el estrés de un nuevo ambiente al que se refiere el estudio de Schirmann et al. (2011). Posiblemente la vacas se mantuvieron comiendo en lugar de rumiar por las necesidades para mantener la lactancia (Kertz et al., 1991) y por la sustitución de conductas tras la separación de la cría (Hopster et al., 1995).

El cambio de comportamiento al reingreso al corral de producción después de la separación de la cría es un factor importante para las hembras multíparas lo que provoca un incremento de las vocalizaciones altas y una disminución de la rumia (Ungerfeld et al., 2011). En los resultados obtenidos, las vacas ya no lograban escuchar ni ver a sus crías, lo que disminuyó los efectos de la separación (Rhim, 2013) provocando conductas de desplazamiento hacia la alimentación como lo mencionan Hopster et al. (1995).

En cuanto a los episodios de rumia, estos no se vieron disminuidos en el presente estudio lo que contrasta con Miloslav et al. (2012) durante el primer día, pero en nuestro caso puede ser por las mismas necesidades alimenticias y en el caso de los autores pudo deberse al estrés del cambio de corral y de compañeras. Al mismo tiempo la locomoción disminuyó, lo que puede deberse a la necesidad de alimentarse. Al reingresar con las mismas compañeras las agresiones por el establecimiento de la jerarquía no se presentaron. No obstante Boyle et al. (2013) reportan que existe un aumento de la locomoción en primíparas mezcladas con multíparas aun recibiendo pocas agresiones, lo contrario reportado por Phillips and Rind (2001) y sustentado por González et al. (2003) donde las primíparas aumentan la locomoción como consecuencia de las agresiones de las vacas multíparas. Sin embargo Boyle et al. (2013) lo atribuyen a que las vacas fueron alojadas con multíparas 3 semanas antes del parto lo que les ayudó a tener mayor confianza por la experiencia social adquirida antes del parto. Por el contrario, otro estudio no encontró diferencia en la locomoción entre hembras de 1 a más partos (Silva et al., 2013), por lo que la paridad no influyo en los resultados obtenidos en el presente estudio.

Con respecto al comportamiento social disminuyeron todas las conductas tanto afiliativas como agonistas, lo que no concuerda con Castro et al. (2012) ya que ellos reportan un aumento de las conductas agonistas cuando separaron ganado Herens por 0.5 a 3.5 días y después los reingresaron al corral de producción, observando mayores agresiones en los animales que estuvieron separados por más tiempo. De igual manera Fernández et al. (2007) reportan agresiones en cabras tras el reingreso a un nuevo corral. El presente estudio como se ha comentado se realizó con vacas multíparas y siempre fueron las mismas vacas a lo largo del tiempo, sin cambiar de corral, por lo que las agresiones disminuyeron a pesar de estar separadas por aproximadamente 4 días.

Esta disminución en el comportamiento social en todas las variables, refuerza a un más lo reportado por Hopster et al. (1995), donde las hembras multíparas responden medianamente a la separación de la cría, además el reingreso con sus compañeras no las afectó de manera significativa por lo que posiblemente se habituaron a los cambios de corral como los novillos en los estudios de Gupta et al. (2005) y Gupta et al. (2008), ya que la tercera vez que fueron reagrupados se observó una habituación a este manejo.

Como animales sociales, las vacas necesitan mantener la cohesión del grupo y procesar la información social de manera eficiente. Por lo tanto, no sería sorprendente que pudieran reconocer el conocimiento de los miembros desconocidos de la manada y comportarse de manera diferente (Coulon et al., 2009).

Esto se lo atribuimos a la reciente y repentina separación de la cría, debido a la presencia de angustia, lo que provoca disminución de las mentiras, aumento de las vocalizaciones y búsqueda de la cría (Flower and Weary, 2001). Un ejemplo de esto es la disminución de la duración de los turnos de reposo en vacas recién paridas y sin contacto con el ternero (Wegner and Ternman, 2023).

Concluyendo, el aumento en el consumo de alimento y la disminución de las agresiones al reingreso del paridero al corral de producción, se atribuye a la separación de la cría que provoco en las vacas conductas de desplazamiento al no poder expresar conductas maternales hacia la cría. Además, la disminución de las conductas agonistas, se deben al reconocimiento del corral de producción y a las compañeras ya que no existió ningún cambio social.

Referencias

1. Bøe, K.E., Færevik, G., 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. Applied Animal Behaviour Science 80, 175-190.
2. Boyle, A.R., Ferris, C.P., O'Connell, N.E., 2013. Does housing nulliparous dairy cows with multiparous animals prior to calving influence welfare- and production-related parameters after calving? Applied Animal Behaviour Science 143, 1-8.
3. Bruckmaier, R.M., Gross, J.J., 2017. Lactational challenges in transition dairy cows. Animal Production Science 57, 1471-1481.
4. Castro, I.M.L., Gygax, L., Wechsler, B., Hauser, R., 2012. Effect of short and long periods of separation on agonistic behaviour, injuries and stress in Hérens cows kept in loose housing. Applied Animal Behaviour Science 136, 96-103.
5. Chapinal, N., Zobel, G., Painter, K., Leslie, K.E., 2014. Changes in lying behavior after abrupt cessation of milking and regrouping at dry-off in freestall-housed cows: A case study. Journal of Veterinary Behavior 9, 364-369.
6. Coulon, M., Deputte, B.L., Baudoin, C., Heyman, Y., 2009. Individual recognition in domestic cattle (Bos taurus): Evidence from 2D-images of heads from different breeds. PLoS ONE 4.
7. Fernández, M.A., Alvarez, L., Zarco, L., 2007. Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production. Small Ruminant Research 70, 228-232.
8. Flower, F.C., Weary, D.M., 2001. Effects of early separation on the dairy cow and calf:: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth. Applied Animal Behaviour Science 70, 275-284.
9. Flower, F.C., Weary, D.M., 2003. The effects of early separation on the dairy cow and calf. Animal Welfare 12, 339-348.
10. González, M., Yabuta, A.K., Galindo, F., 2003. Behaviour and adrenal activity of first parturition and multiparous cows under a competitive situation. Applied Animal Behaviour Science 83, 259-266.
11. Grant, R.J., Albright, J.L., 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 84, Supplement, E156-E163.
12. Gupta, S., Earley, B., Nolan, M., Formentin, E., Crowe, M.A., 2008. Effect of repeated regrouping and relocation on behaviour of steers. Applied Animal Behaviour Science 110, 229-243.
13. Gupta, S., Earley, B., Ting, S.T.L., Crowe, M.A., 2005. Effect of repeated regrouping and relocation on the physiological, immunological, and hematological variables and performance of steers. Journal of Animal Science 83, 1948-1958.
14. Harcourt, A.H., 1978. Activity Periods and Patterns of Social Interaction: A Neglected Problem. Behaviour 66, 121-135.
15. Hopster, H., O'Connell, J.M., Blokhuis, H.J., 1995. Acute effects of cow-calf separation on heart rate, plasma cortisol and behaviour in multiparous dairy cows. Applied Animal Behaviour Science 44, 1-8.
16. Huzzey, J.M., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. Journal of Dairy Science 88, 2454-2461.
17. Kertz, A.F., Reutzel, L.F., Thomson, G.M., 1991. DRY-MATTER INTAKE FROM PARTURITION TO MIDLACTATION. Journal of Dairy Science 74, 2290-2295.
18. Marchant-Forde, J.N., Marchant-Forde, R.M., Weary, D.M., 2002. Responses of dairy cows and calves to each other's vocalisations after early separation. Applied Animal Behaviour Science 78, 19-28.
19. Miloslav, Š., Jan, B., Michal, U., Vladimír, T., Zuzana, P., Pavel, N., Milan, P., 2012. Study of Behaviour Adaptation of Dairy Cows after Regrouping and Facility Change. Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, Vol 45, Iss 2, Pp 355-359 (2012), 355.
20. Pérez-Torres, L., Orihuela, A., Corro, M., Rubio, I., Alonso, M.A., Galina, C.S., 2016. Effects of separation time on behavioral and physiological characteristics of Brahman cows and their calves. Applied Animal Behaviour Science 179, 17-22.
21. Phillips, C.J.C., Rind, M.I., 2001. The Effects on Production and Behavior of Mixing Uniparous and Multiparous Cows. Journal of Dairy Science 84, 2424-2429.

22. Raussi, S., Boissy, A., Delval, E., Pradel, P., Kaihilahti, J., Veissier, I., 2005. Does repeated regrouping alter the social behaviour of heifers? Applied Animal Behaviour Science 93, 1-12.
23. Rhim, S.J., 2013. Vocalization and behavior of Holstein cows and calves after partial and complete separation. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias 26, 24-29.
24. Scheurwater, J., Jorritsma, R., Nielen, M., Heesterbeek, H., van den Broek, J., Aardema, H., 2021. The effects of cow introductions on milk production and behaviour of the herd measured with sensors. Journal of Dairy Research 88, 374-380.
25. Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D.M., Heuwieser, W., von Keyserlingk, M.A.G., 2011. Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows. Journal of Dairy Science 94, 2312-2319.
26. Silva, P.R.B., Moraes, J.G.N., Mendonça, L.G.D., Scanavez, A.A., Nakagawa, G., Fetrow, J., Endres, M.I., Chebel, R.C., 2013. Effects of weekly regrouping of prepartum dairy cows on metabolic, health, reproductive, and productive parameters. Journal of Dairy Science 96, 4436-4446.
27. Torres-Cardona, M.G., Ortega-Cerrilla, M.E., Alejos- de la Fuente, J.I., Herrera-Haro, J., Peralta-Ortíz, J.G., 2014. Effect of regrouping Holstein cows on milk production and physical activity. Journal of Animal &Plant Sciences 22, 3433-3438.
28. Ungerfeld, R., Hotzel, M.J., Scarsi, A., Quintans, G., 2011. Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. Animal 5, 1270-1275.
29. von Keyserlingk, M.A.G., Olenick, D., Weary, D.M., 2008. Acute Behavioral Effects of Regrouping Dairy Cows. Journal of Dairy Science 91, 1011-1016.
30. Watts, J.M., Stookey, J.M., 2000. Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. Applied Animal Behaviour Science 67, 15-33.
31. Wegner, C.S., Ternman, E., 2023. Lying behaviour of lactating dairy cows in a cow-calf contact freestall system. Applied Animal Behaviour Science 259, 105851.

EVALUACION DEL ACEITE DE ARBOL DE TÉ COMO TRATAMIENTO CONTRA CEPAS DE STAPHYLOCOCCUS Y STREPTOCOCCUS DE CASOS CLINICOS DE METRITIS

Espinosa C.L.F.*, Hernández A.L., Quintanar GD., Mendoza E.S.

Resumen

El objetivo final del hato lechero debe ser acortar el intervalo entre partos de los bovinos y disminuir el número de servicios por concepción aumentando así la producción de leche. Pero la incidencia de trastornos reproductivos como anestro, aborto, distocia, repetición de celos, mastitis y retención placentaria afectan el desempeño de los animales. Para el tratamiento de las infecciones uterinas, es decir, metritis y endometritis, con frecuencia se dan terapia de antimicrobianos; estos se utilizan ampliamente y de forma rutinaria, sin embargo, el uso indiscriminado de los mismos causa resistencia. El aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos ha aumentado el interés en las posibles aplicaciones de aceites esenciales para el tratamiento natural de las infecciones, entre los aceites esenciales que más se han reportado en la industria farmacéutica está el Aceite de árbol que es un aceite de color amarillo pálido y se ha observado su eficacia como antimicrobiano alternativo, antioxidante y anticancerígeno; este ha demostrado ser eficaz contra una gran variedad de bacterias, hongos, virus y ácaros. Se utilizaron 8 cepas de campo (4 de Staphylococcus spp y 4 de Streptocossu spp) y 2 cepas ATCC (Streptococcus dysgalacteae y Staphylococcus aures) para evaluar la generación de halos de inhibición por sensidiscos. Las cepas estaban almacenadas a -4 °C en los laboratorios del CENID INIFAP. Los sensidiscos fueron impregnados con 20µl de aceite de árbol de té; posterior a esto se dejaban reposar 12 horas en refrigeración para permitir su impregnación en todo el sensidisco. Los halos generados en las cepas de Streptococcus spp. por el aceite de té eran similares al mismo tamaño que los generados por el ceftiofur. Los halos generados en las cepas de Staphylococcus spp. por el aceite eran de menor tamaño a comparación de los del ceftiofur . Los resultados obtenidos muestran que el aceite de árbol de té tiene efectos bactericidas ante cepas encontradas en casos de metritis, presenta mejores efectos contra *Streptococcus spp*. a comparación de *Staphylococcus spp*., el uso de los aceites esenciales puede ser un buen bactericida alternativo y se requiere más investigación para mejorar los resultados y su aplicación en la industria farmacéutica.

Palabras Claves: aceite esencial, árbol de té, Streptococcus spp., Staphylococcus spp., metritis

Introducción

El objetivo final del hato lechero debe ser acortar el intervalo entre partos de los bovinos y disminuir el número de servicios por concepción aumentando así la producción de leche. Pero la incidencia de trastornos reproductivos como anestro, aborto, distocia, repetición de celos, mastitis y retención placentaria afectan el desempeño de los animales. Se ha observado que las enfermedades reproductivas son variadas y son las causantes de la reducción de la producción de leche, retardo en la involución uterina y reinicio de la actividad ovárica, así como problemas de concepción, esto debido a que el útero de las vacas posparto generalmente está contaminado con una variedad de bacterias, pero esto no se asocia constantemente con la enfermedad clínica.

Para el tratamiento de las infecciones uterinas, es decir, metritis y endometritis, con frecuencia se dan terapia de antimicrobianos; estos se utilizan ampliamente y de forma rutinaria. Sin embargo, el uso indiscriminado de los mismos causa resistenc. La terapia antimicrobiana relacionada con la reproducción solo debe usarse cuando es indispensable y los tratamientos deben basarse en pruebas de susceptibilidad con el aislamiento de los patógenos, pero esto no siempre es factible en

* Espinosa Castillo Luis Fernando, Cam. San Juan de Aragón 215 N # 104 Pblo San Juan de Aragón 07920 G.A.M., lfernandocastillomvz@gmail.com , 55 1705 1848.

condiciones prácticas. Aunque el uso de antibióticos sigue siendo la principal estrategia de tratamiento su eficacia es limitada aunado con el desarrollo de cepas resistentes a los antibióticos lo que se ha convertido en una preocupación en cuestiones de salud pública.

El aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos ha aumentado el interés en las posibles aplicaciones de aceites esenciales para el tratamiento natural de las infecciones; diferentes estudios han demostrado que los compuestos en los aceites esenciales vegetales muestran actividad antioxidante como resultado de su capacidad para eliminar los radicales libres, estos efectos antioxidantes dependen de muchos factores, como la estructura del antioxidante y condiciones de oxidación. Entre los aceites esenciales que más se han reportado en la industria farmacéutica está el Aceite de árbol de te; es un aceite de color amarillo pálido, que se extrae de las hojas de la planta *Melaleuca alternifolia* de la familia de las Myrtaceae mediante destilación al vapor; es considerado no tóxico, con un agradable olor. Se ha utilizado como antimicrobiano alternativo, agente antioxidante y anticancerígeno; este ha demostrado ser eficaz contra una gran variedad de bacterias, hongos, virus y ácaros. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso del aceite de árbol de te como una alternativas-natural para el tratamiento de infecciones uterinas evaluándolo contra agentes aislados de infecciones uterinas.

Material y métodos

Se utilizaron 8 cepas de campo (4 de Staphylococcus spp y 4 de Streptocossu spp) y 2 cepas ATCC (Streptococcus dysgalacteae y Staphylococcus aures) para evaluar la generación de halos de inhibición por sensidiscos. Las cepas estaban almacenadas a -4 °C en los laboratorios del CENID INIFAP de muestras recolectadas de casos de metritis en la cuenca de Tizayuca hidalgo. Las cepas ATCC estaban almacenadas en refrigeración y fueron reconstituidas siguiendo las especificaciones del proveedor.

Los sensidiscos fueron creados con papel filtro de 5mm de porosidad y esterilizados siguiendo los protocolos utilizados en las autoclaves. Una vez esterilizados, cada uno de estos fueron impregnados con 20µl de aceite de árbol de té: posterior a esto se dejaban reposar 12 horas en refrigeración para permitir su impregnación en todo el sensidisco.

Los antibiogramas eran realizados siguiendo los protocolos para la prueba de inhibición de crecimiento en agares Muller Hilton para las cepas de Staphylococcus y en Agar Sangre para las cepas de Streptococcus. Se colocaba un sensidisco central en la caja del agar y realizaba por triplicado para repetir los resultados. Los halos de inhibición se median mediante una regla en centímetros y los datos eran almacenados en Excel y evaluados mediante el programa PAST mediante una prueba de ANOVA para compara los resultados.

Resultados

Los halos generados en las cepas de Sthaphylococcus spp. por el aceite de té eran similares al mismo tamaño que los generados por el ceftiofur (árbol 25mm ceftiofur 27mm). Los halos generados en las cepas de Streptococcus spp. por el aceite eran de menor tamaño a comparación de los del ceftiofur (árbol 25mm, ceftiofur 30mm) (Tabla 1). La literatura menciona que en cepas de Streptococcus spp los halos de inhibición por el árbol de té son similares a los encontrados en este estudio, pero no así por los reportados en Staphylococcus spp. Los resultados obtenidos por la prueba de ANOVA no muestran diferencias estadísticas entre ellos (Tabla2). En varios artículos se menciona el uso de cepas ATCC para la evaluación del aceite, pero pocos presentan el uso de cepas de campo y ATCC para hacer la comparación de los resultados; este proyecto permite comparar ambas cepas para ver su funcionalidad.

Discusión y Conclusiones

Los halos generados en las cepas de Streptococcus spp. por el aceite de té eran similares al mismo tamaño que los generados por el ceftiofur (árbol 10-50mm ceftiofur 32-45mm). Los halos generados en las cepas de Staphylococcus spp. por el aceite eran de mayor tamaño a comparación de los del ceftiofur (árbol 30-43mm, ceftiofur 40-45mm). La literatura menciona que en cepas de Streptococcus spp los halos de inhibición por el árbol de té son similares a los encontrados en este estudio, pero

no así por los reportados en Staphylococcus spp. En varios artículos se menciona el uso de cepas ATCC para la evaluación del aceite, pero pocos presentan el uso de cepas de campo y ATCC para hacer la comparación de los resultados; este proyecto permite comparar ambas cepas para ver su funcionalidad. Los resultados obtenidos muestran que el aceite de árbol de té tiene efectos bactericidas ante cepas encontradas en casos de metritis, presenta mejores efectos contra Streptococcus spp. a comparación de Staphylococcus spp., el uso de los aceites esenciales puede ser un buen bactericida alternativo y se requiere más investigación para mejorar los resultados y su aplicación en la industria farmacéutica.

Tablas

Arbol								Promedio		Desviación		Varianza	
ID	MUESTRA	Primera	CEF	Segunda	CEF	Tercera	CEF	Primera	CEF	Segunda	CEF	Tercera	CEF
53	Streptococcus	29	42	30	45	42	45	33.7	44	5.9	1.4	34.9	2
52	Streptococcus	50	34	22	34	30	34	34	34	11.8	0	138.7	0
50	Streptococcus	20	36	24	32	35	32	26.3	33.3	6.3	1.9	40.2	3.6
48	Streptococcus	12	43	10	45	45	45	22.3	44.3	16	0.9	257.6	0.9
ATCC	Streptococcus	35	36	36	35	33	35	34.7	35.3	1.5	0.6	1.6	0.2
70	Staphylococcus	42	45	40	40	40	35	34.0	40.0	6.9	5.0	32.0	16.7
71	Staphylococcus	40	45	42	40	43	35	37.0	40.0	3.6	5.0	8.7	16.7
73	Staphylococcus	43	45	43	42	41	33	37.0	40.0	5.3	6.2	18.7	26.0
75	Staphylococcus	40	45	42	40	42	35	35.7	40.0	4.0	5	10.9	16.7
ATCC	Staphylococcus	43	48	43	46	44	46	43.3	46.7	0.6	1.2	0.2	0.9

Tabla 1: Resultados de los antibiogramas de las cepas de Staphylococcus y Streptococcus; promedios desviación estándar y varianza de cada cepa.

Test for equal means					
	Sum of sqrs	**df**	**Mean square**	**F**	**p (same)**
Between groups:	510.6	5	102.12	1.7	0.1607
Within groups:	3327	54	61.6074	Permutation p (n=99999)	
Total:	3837	59	0.1541		
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	4.051	**Var(error)**:	61.6074	**ICC:**	0.0617
omega2:	0.052				
Levene´s test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0			
Levene´s test, from medians	p (same):	0.1			
Welch F test in the case of unequal variances: F=1.47, df=24.92, p=0.2351					

Tabla2: Prueba de ANOVA para comparación de resultados de los halos de inhibición, no se muestra una diferencia estadística.

Literatura citada

Thomas MJ, Stangaferro ML, Serrenho RC. Uterine health problems – Risk factorsa and effects on herd performance. 2020;53(1):113–5.

Abdisa T. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle. J Dairy Vet Sci. 2018;5(1).

Sheldon IM, Cronin J, Goetze L, Donofrio G, Schuberth HJ. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. Biol Reprod. 2009;81(6):1025–32.

Frye CC, Bei D, Parman JE, Jones J, Houlihan AJ, Rumore A. Efficacy of Tea Tree Oil in the Treatment of Equine Streptothricosis. J Equine Vet Sci [Internet]. 2019;79:79–85. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.05.011

Pazyar N, Yaghoobi R, Bagherani N, Kazerouni A. A review of applications of tea tree oil in dermatology. Int J Dermatol. 2013;52(7):784–90

Giuliodori MJ, Magnasco RP, Becu-Villalobos D, Lacau-Mengido IM, Risco CA, De la Sota RL. Metritis in dairy cows: Risk factors and reproductive performance. J Dairy Sci. 2013;96(6):3621–31.

Azawi OI. Postpartum uterine infection in cattle. Anim Reprod Sci. 2008;105(3–4):187–208.

Haimerl P, Arlt S, Borchardt S, Heuwieser W. Antibiotic treatment of metritis in dairy cows—A meta-analysis. J Dairy Sci [Internet]. 2017;100(5):3783–95. Available from: http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11834

Pazyar N, Yaghoobi R, Bagherani N, Kazerouni A. A review of applications of tea tree oil in dermatology. Int J Dermatol. 2013;52(7):784–90.

Rc L, Torabi A, Bazzazan A, Ae S. Alternative Treatments of Postpartum Uterine Diseases in Dairy Cows. Integr J Vet Biosci. 2021;5(3).

Thomas MJ, Stangaferro ML, Serrenho RC. Uterine health problems – Risk factors and effects on herd performance. 2020;53(1):113–5.

Michaelis I, Burfeind O, Heuwieser W. Evaluation of oestrous detection in dairy cattle comparing an automated activity monitoring system to visual observation. Reprod Domest Anim. 2014;49(4):621–8.

Pinedo PJ, Velez JS, Bothe H, Merchan D, Piñeiro JM, Risco CA. Effect of intrauterine infusion of an organic-certified product on uterine health, survival, and fertility of dairy cows with toxic puerperal metritis. J Dairy Sci [Internet]. 2015;98(5):3120–32. Available from: http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8944

EFECTO DEL USO DE PISO DE GOMA EN PASILLO DE CONDUCCIÓN HACIA LA SALA DE ORDEÑO

Cota U.T.G[*]., Bombal C.E., Bocanegra A.J.A. Ricardo G.I.D.

Resumen

Rancho “Don Bosco”, se ubica en el municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato, México. Se emplearon 686 animales, raza Holstein Friesian; de primera y segunda lactancia, con una producción promedio de 29.66 ± 12.7 l/vaca/d y 191 DEL. Los alojamientos son corrales tipo *free-stall*, los cubículos están filas de 2 x 2; con colchoneta (de hule molido y foam). Para acudir a la sala de ordeño, se cuenta con un pasillo de conducción (12 m de ancho X 220 m). Se colocó piso de goma (DeLaval R18P), en dos líneas de 0.6 x 220 m, con una distancia intermedia de 1.0 m. El objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de piso de goma en pasillo de conducción, mediante la evaluación de conducta, escala de locomoción y parámetros productivos. Se empleó un modelo de regresión lineal múltiple para ajustar los valores obtenidos de la producción de leche asociados al tratamiento empleado, $y=T+\beta_1 Tx+\beta_2 NL+\beta_3 DL$. Adicionalmente se realizó una prueba de T y correlación de Spearman para la producción de leche. Para las observaciones etológicas evaluadas, de locomoción y de tiempos de ordeño se realizó, ANOVA y prueba de Tukey al utilizar valores absolutos y Prueba de U de Mann Whitney al emplear valores en porcentaje. Se obtuvieron diferencias significativas para la producción de leche en vacas de primer parto (POST – 26.403 kg, PRE – 19.074 kg), este mismo resultado se presentó en vacas de segunda lactación (POST – 32.160kg, PRE – 24.930kg); se obtuvo un valor de Rho de Spearman de 0,835. Los comportamientos que se modifican por el tratamiento son: Detenerse (PRE, 25; POST, 11. $P<0.05$), Deslizamientos (PRE, 17; POST, 7. $P<0.05$) y Caídas (PRE, 2; POST, 0. $P<0.05$); el resto de comportamiento no muestra diferencia estadísticamente significativa. En los tiempos de conducción, se evidencia reducción por corral de 170 s (POST – 500 s, PRE – 730 s; $P<0.05$) y por vaca alrededor de 1 s (POST – 2.19 s, PRE – 3.14 s; $P<0.05$). En la locomoción, se observa un incremento en la incidencia de la clasificación Buena – 0 (PRE 8, POST 12; $P<0.05$), por otro lado, la clasificación 2 disminuye entre tratamientos (PRE 7, POST 3; $P<0.05$). El uso de piso de goma en pasillos de conducción y zonas con alto tránsito permite mejorar las condiciones de los alojamientos; favoreciendo la salud, producción y el bienestar de los animales. La implementación de este tipo de herramientas permite garantizar el bienestar animal, y mejora la rentabilidad de la producción.

1. Introducción

La situación pecuaria en México muestra que el 60% del país realiza actividades ganaderas (2012); empleando a 40’000 familias (Solorio et al., 2009; Chalate et al., 2010). Los sistemas de producción pecuaria pueden ser reconocidos como intensivos o extensivos, si se tienen en cuenta sus niveles productivos y el control de los procesos productivos. Para conocer la intensificación de los sistemas pecuarios, se requiere la comprensión de las interacciones presentes, mediante parámetros productivos y uso de tecnologías. La producción de leche bovina constituye una actividad empresarial de elevada complejidad y alto nivel de inversión. La intensificación de la industria láctea ha logrado duplicar la producción de leche, mediante el incremento en el confinamiento interior (Sadiq et al., 2017; Shepley et al., 2020), apoyado de sistemas tipo *Free-stall*, los cuales son rentables y facilitan algunas de las necesidades de los animales (Vanegas, 2006; Telezhenko et al., 2008).

En los últimos años, las técnicas de producción láctea han sido cuestionadas, enfocándose principalmente en el bienestar de los animales en producción. El balance de las emociones positivas

[*] Thalia Cota Uriza

/ negativas es importante (Lange, 2020); por lo que debemos garantizar el uso de recursos adecuados, mejorar el manejo (tratamientos, arreo, entre otros), para favorecer las emociones positivas y la ausencia de negativas.

Las enfermedades están relacionadas con pérdidas económicas y comprometen el bienestar de los animales; siendo los problemas podales el 3er lugar de importancia, precedido por baja fertilidad y mastitis (Frankena et al., 2009 y Zillner et al., 2018); su prevalencia es alta (entre 7 y 69 %) y comúnmente es subestimada (Archer et al., 2010; Solano et al., 2015; Zillner et al., 2018; Gardenier et al., 2021). La etiología es multifactorial - nutricional (Shepley et al., 2020), fisiológica, anatómica y ambiental (Vanegas et al., 2006) – e impactan negativamente la eficiencia productiva y el bienestar.

El piso es uno de los elementos más importantes del sistema de alojamiento; por sus efectos en la locomoción (Telezhenko y Bergsten., 2005; Shepley et al., 2020) y la salud de la pezuña. La facilidad de movimiento es una necesidad de comportamiento, las vacas modifican su expresión, evitando incluso realizar actividades como el auto acicalamiento (lamido, con un miembro elevado) (Telezhenko y Bergsten., 2005); cuando las condiciones del piso no son adecuadas. Por lo que, parte de la tecnificación en una UPP, debe considerar el diseño de pisos, los cuales deben ser duraderos, higiénicos, debido a que es intensamente utilizado por animales pesados; y con un precio razonable. El suelo debe tener resistencia al deslizamiento, facilidad de limpieza, fomento de la locomoción y promoción de la salud de las pezuñas (Telezhenko et al., 2008); se ha observado que tanto la rugosidad como la suavidad de la superficie tiene un efecto positivo en la locomoción de las vacas (Rushen y De Passille, 2006), al igual pueden modificar las respuestas conductuales inmediatas del ganado. Los pisos de concreto han sido los mas utilizado a lo largo de los años, por sus características higiénicas, de durabilidad, resistencia y bajo costo (Shepley et al., 2020); sin embargo, algunas de sus características, dureza, abrasión y resbalamiento, son menos deseadas, ya que favorecen la presencia de problemas podales (Telezhenko y Bergsten, 2005). Phillips y Morris (2002) demostraron que el ganado lechero es capaz de distinguir entre superficies para caminar que difieren en tracción; dando pasos más largos en pavimentos con un coeficiente de fricción superior a 0.50; debido quizás al menor riesgo de resbalar en estas superficies (Telezhenko, 2008). Lo anterior respalda la mejora de los tiempos de tránsito (Rushen, 2004, 2006; Flower 2007), así como el comportamiento tranquilo y el incremento en los flujos de leche durante la ordeña. Si se permite la elección de superficies, el ganado elegirá superficies flexibles y suaves sobre aquellas firmes; además de evitar pisos ranurados (Rushen y De Pasillé, 2006).

El piso de goma permite mejorar la superficie, brindando características que favorecen la locomoción, distribuyendo de manera homogénea el peso del animal (Fischer et al., 2022). Diferentes estudios mencionan sus atributos, mejoran el índice de penetración, la fricción superficial, lo que incrementa la tracción (Schütz et al., 2018); por lo que se sugiere su implementación en zonas donde los animales permanezcan de pie o en tránsito (Vanegas et al., 2006), con la finalidad de garantizar la tracción adecuada, al inicio y termino del desplazamiento, así como cuando se requiera un cambio de dirección. Sus propiedades mejoran la marcha, las vacas caminan más rápido, incrementando la longitud de los pasos (Flower et al., 2007) y se resbalan menos (Rushen, 2004); de igual manera, reducen las lesiones en la suela (Platz et al., 2008), derivado de un mejor contacto con la superficie, menor presión y desgaste de la pezuña (Telezhenko et al., 2007). Mejorar las condiciones del piso, no solo brindan ventajas a los animales, si no que reducen el trabajo requerido durante el arreo (Rushen 2004).

Proveer un ambiente seguro para los animales y el personal, es un requisito; en EE. UU. entre el 24 % al 38 % de las lesiones en el personal, de lecherías, fueron ocasionadas por animales (Lindahl et al., 2016). Existe una relación directa entre el manejo y el comportamiento de los

animales; un buen manejo facilita la oportunidad de experimentar emociones positivas, además de reducir las emociones negativas (Lange et al., 2020).

2. Hipótesis

Los eventos de comportamiento, tiempos de conducción y la locomoción será modificada por la presencia de piso de goma en el pasillo de conducción.

3. Objetivos

El objetivo del presente estudio fue evaluar el uso de dos líneas de piso de goma en pasillo de conducción hacia la sala de ordeña, mediante la evaluación de conducta, escala de locomoción y parámetros productivos.

3.1. Objetivos Particulares

- **I.** Evaluar los cambios en el comportamiento de las vacas durante la conducción hacia el ordeño, mediante el uso de un etograma; para distinguir los efectos de implementar caminos de piso de goma.
- **II.** Determinar la incidencia de problemas podales, mediante la implementación de la escala de locomoción.
- **III.** Calcular los tiempos de arreo por grupo, mediante el uso de cronometro; para determinar si existen diferencias.
- **IV.** Analizar la producción de leche.

4. Materiales y Métodos

La evaluación se realizó en una lechería comercial, Rancho “Don Bosco”, está situado en la comunidad de La Perla de Chipilo en el municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato, México; localizado en las coordenadas 21° 05' 47.0" Norte, N 100° 37' 40.2" Oeste, a 1990 m.s.n.m. El clima del municipio es BSk de acuerdo con Köppen, siendo templado con verano cálido (INEGI); con temperatura promedio anual de 17.8°C, oscilando entre los 14° y 32° C, sin embargo, eventualmente las temperaturas pueden descender hasta los 1° o 2° bajo cero; la acumulación total de precipitación anual es de 650 mm. La UPP cuenta con 16.97 Ha de instalaciones (Imagen 1) y alrededor de 150 Ha de campo para actividades agrícolas.



Imagen 1. Vista satelital R. Don Bosco. Google maps.

4.1. Clima

En la tabla 1, se presentan las condiciones de temperatura, humedad relativa y el índice de temperatura y humedad (ITH), registrados *in situ*. Su registro se realizó mediante un *data logger* (Kestrel DROP D2 AG Livestock, Heat Stress Monitor); durante el periodo de prueba; con un intervalo de 30 min entre cada registro.

Durante el periodo de prueba, la temperatura osciló entre los 30.3 ° C y 8.1 ° C (prom. 21.44 ° C), la humedad relativa fue de 28.75 % en promedio. El rango del ITH, fue de 72.9 a 48.4, lo que nos evidencia que en algunas horas del día las vacas están expuestas a estrés térmico (ITH > 68).

Tabla 1. Condiciones climáticas.

	Temp. (°C)	ITH (NRC)	Hum. Rel. (%)
Contar	316	316	316
Prom.	21.44	64.91	28.75
Max.	30.3	72.9	81.8
Min.	8.1	48.4	9.5
EE	0.32	0.32	0.96

Temp – temperatura (°C); ITH (NRC) – índice de temperatura y humedad, método NRC; Hum Rel – Humedad Relativa (%). Prom. – Promedio; Max. – Rango superior; Min. – Rango inferior.

4.2. Animales e instalaciones.

El hato se conforma de bovinos lecheros, Holstein Friesian. Los animales son alojados en corrales (170 x 16 m, promedio) tipo *free-stall* que cuentan con 150 y 200 cubículos (1.20 x 2.40 m) en filas de 2 x 2; cuentan con colchoneta (compuesta de hule molido y foam) la cual se adiciona con composta de estiércol en la superficie (Imagen 2); se tiene ventilación en la zona de cubículos y el área de comedero. El sistema de limpieza es mediante escrepa; cada corral cuenta con tres bebederos (2.5 x 0.35 x 0.6 m) distribuidos a lo largo del corral, y un espacio exterior (180 x 12 m, promedio). Actualmente, se cuenta con 2590 animales en línea de producción; de los cuales el 47.3 % son de 1ra lactancia, 28.3 % de 2da lactancia y 24.5 % son vacas adultas de 3 o más lactancias.

Se utilizaron tres corrales para el presente estudio: corral 10 – 240 animales, de 1ra lactancia con 134 DEL y 33.8 lts promedio de producción de leche diaria (PLd), corral 14 – 211 animales, 1ra lactancia, con 290 DEL y 33.0 lts promedio PLd y corral 15 – 235 animales de 2da lactancia con 167 DEL y 39.6 lts promedio de PLd. Para acudir a la sala de ordeño, se cuenta con un pasillo de conducción (Imagen 3), cuenta con 12 m de ancho, piso de concreto ranurado (5 mm de profundidad); el corral 10 se ubica a 120 m, el corral 14 a 190 m y el corral 15 a 220 m del área de espera. Por la mañana, se realiza el arreo alrededor de 08:15 hrs (corral 10), 08:45 hrs (corral 15) y 09:15 hrs (corral 14).

Para la segunda fase del estudio se colocó piso de goma (DeLaval R18P) (Imagen 4), en dos líneas de 0.6 x 220 m, colocadas con una distancia de 1.0 m de la orilla hacía el centro y 1.0 m de distancia entre ellos (Imagen 5). El piso de goma tiene un espesor de 18 mm, la superficie cuenta con estructura de forma triangular, en la parte inferior cuenta con ranuras de 5 mm; la dureza de 68° Shore A. El Centro de pruebas de Maquinaria Agrícola (DLG Test Report | 5919), informa una profundidad de penetración de 1.75 mm de una pezuña artificial, a una fuerza de 2000 N (presión superficial calculada de 26.7 N/cm2). La resistencia al deslizamiento se describió como buena a una

velocidad de 20 mm/s tanto en superficies secas como mojadas; los coeficientes de fricción medidos (μ) (< μ = 0,45), garantizan un buen punto de apoyo. La instalación finalizó el 26 de marzo de 2023.

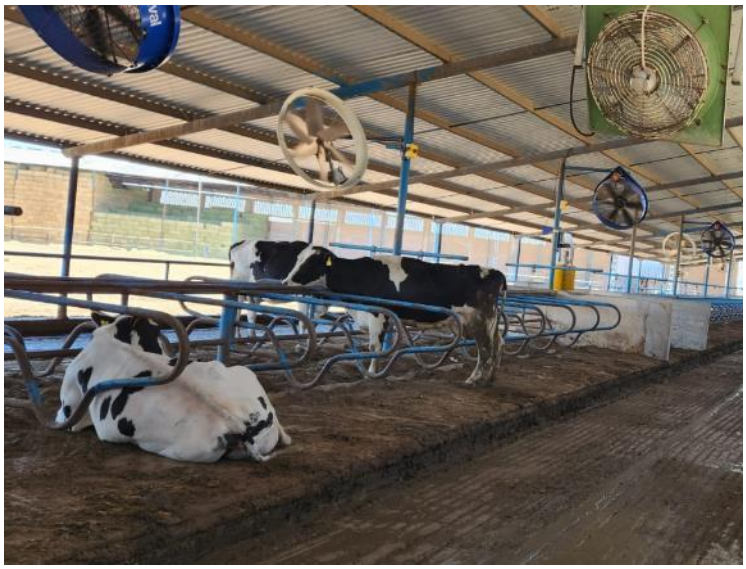


Imagen 2. Cubículos con colchoneta de goma.



Imagen 3. Pasillo de conducción hacia sala de ordeño

4.3. Procedimiento experimental.

Con la finalidad de evaluar los efectos de la implementación de pasillos cubiertos con piso de goma, durante la conducción de los animales a la ordeña; se analizaron elementos de comportamiento, tiempos de tránsito y la locomoción de las vacas, así como la producción de leche.

Para la evaluación de la locomoción se utilizó la escala de movilidad propuesta por *DairyCo* (Tabla 2), un organismo de Reino Unido. El sistema de puntuación fue desarrollado por investigadores junto con otros asesores del gremio lechero (Bell & Huxley 2009); la clasificación consta de 4 puntos, en términos de buena movilidad (puntuación 0), movilidad imperfecta (puntuación 1), movilidad deteriorada (puntuación 2) y movilidad severamente deteriorada (puntuación 3) (Horseman *et al,* 2014). Con la finalidad de reducir el sesgo del observador, se implementó la hoja de puntuación (AHDB Dairy Mobility Score, https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Dairy/ahdb_dairy_mobility_score_score_sheet__2_.pdf | consultado 02 de marzo de 2023) donde se describe cada puntuación.





Imagen 4. Piso de goma, superficie. Vista inferior, ranuras de 5mm.



Imagen 5. Líneas de piso de goma.

Tabla 2. Escala de movilidad.

Puntuación	Descripción del comportamiento
0	Camina con ritmo uniforme y peso en los cuatro pies, con la espalda recta. Posibilidad de zancadas largas y fluidas
1	Pasos irregulares (ritmo o carga de peso) o zancadas más cortas. No se identifican inmediatamente las extremidades afectadas.
2	Soporte de peso desigual en una extremidad que es inmediatamente identificable y/o zancadas obviamente más cortas; generalmente con un arco en el centro de la espalda.
3	Incapaz de caminar tan rápido (no puede seguir el ritmo del hato sano). Pierna coja fácil de identificar cojeando; apenas puede pararse sobre la(s) pierna(s) coja(s); espalda arqueada al pararse y caminar.

AHDB Dairy Mobility Score.

El comportamiento se evaluó mediante un etograma (Tabla 3) propuesto por Lindahl C., et al (2016), el cual fue modificado con la finalidad de incorporar parámetros de interés.

Tabla 3. Etograma de comportamiento bovino, durante la conducción al ordeño.

Comportamiento	Definición
DETENERSE	Detiene el movimiento hacia adelante, parece tranquila y relajada. a) Comienza a caminar sin contacto con el guía b) Comienza a caminar inmediatamente después del contacto con el guía c) No comienza a caminar a pesar del contacto con el guía
CONGELADA	Detiene un movimiento hacia adelante, parece tensa o temerosa, las orejas hacia adelante, toda la atención hacia el elemento en foco a) Comienza a caminar sin contacto con el guía b) Comienza a caminar inmediatamente después del contacto con el guía c) No comienza a caminar a pesar del contacto con el guía
DESLIZAMIENTO	La pezuña o pezuñas se deslizan sobre la superficie del piso a) Los 4 cascos en contacto con el suelo. b) Una o ambas rodillas o corvejones en contacto con el suelo
CAÍDA	Otra parte del cuerpo en contacto con el suelo a) sobre el vientre b) De costado c) Los miembros posteriores no pueden cerrarse. Imposibilitada para colocarse de pie.
RESISTIENDO	La vaca se resiste a moverse en la dirección que quiere el manejador, trata de pasar al manejador. a) Intenta pasar entre el manejador y la pared, el interior u otra vaca, pero no lo completa. b) Pasa entre el manejador y la pared, el interior u otra vaca, sin contacto con el manejador c) Pasa entre el manejador y la pared, interior u otra vaca, golpea al manejador.
CORRIENDO	Vaca trotando o corriendo a) Al trote, sólo unos pocos pasos b) La mayoría del trayecto
VOCALIZANDO	Vaca vocaliza
DEFECA	La vaca defeca
ORINA	La vaca orinando

Adaptado de C. Lindahl, S. Pinzke, A. Herlin, L.J. Keeling. 2016. Y Welfare Quality®

El registro de eventos se realizó de manera continua, contabilizando el número de comportamientos ocurridos. Los tiempos de movilización, se considera hora de inicio al abrir las

puertas del corral, y la hora de término, al cierre de las puertas del área de espera (Lindahl et al., 2016). Se describe la forma de arreo y se registra el contacto físico, así como sonidos (gritos, chiflidos) por parte del personal de arreo.

4.4. Obtención de datos.



Imagen 6. Punto a. Observación directa y continua.

La obtención de datos se realizó en dos días para cada tratamiento, 1) PRE - sin cubierta de piso de goma (20 y 21 de marzo de 2023) y 2) POST- con cubierta de piso de goma (24 y 25 de abril de 2023). Así mismo, se establecieron dos puntos de observación a lo largo del pasillo de conducción, determinados a) baja incidencia, zona donde existían menor número de eventos; b) alta incidencia, zona con mayor número de eventos, es una zona con presencia de humedad y acumulación de estiércol, se identifica como la zona de mayor incidencia en deslizamientos y caídas.



Imagen 7. Punto b. Captado mediante video cámara GoPro Hero 8.

Las observaciones del punto a) se realizaron mediante observación directa, de forma continua (Imagen 6); el punto b) se grabó mediante una video cámara GoPro Hero 8 (GoPro Inc., San Mateo, CA) (Imagen 7). Tanto el observador como la video cámara se colocaron a una distancia de 2 m paralelamente al pasillo de conducción, se determinó un área de 6.0 m de longitud para el registro de eventos. La revisión del video se ejecutó a una velocidad 0.5X con la finalidad de detectar todos los eventos, se revisó la grabación 3 veces. Los videos se analizaron de manera continua, registrando el número de eventos ocurridos por grupo.

4.5. Modelo Estadístico.

Se realizó un modelo de regresión lineal múltiple para ajustar los valores obtenidos de la producción de leche asociados al tratamiento empleado, utilizando el siguiente modelo:

$$y=T+\beta_1 Tx+\beta_2 NL+\beta_3 DL$$

Donde:

- *y* es el registro de la producción asociado al tratamiento
- *T* Efecto del tratamiento
- β coeficientes de regresión asociados a las siguientes variables
- Tx es el tratamiento utilizado
- NL es el número de lactancia
- DL son los días en leche

Adicionalmente se realizó una prueba de T para la producción de leche, para determinar si existe diferencia significativa entre los grupos de estudio, así mismo se realizó una prueba de Correlación de Spearman para determinar el grado de asociación entre el tratamiento y los resultados obtenidos.

Para determinar el impacto del tratamiento sobre las observaciones etológicas evaluadas, de locomoción y de tiempos de ordeño se realizó:

- ANOVA y prueba de Tukey al utilizar valores absolutos
- Prueba de U de Mann Whitney al emplear valores en porcentaje

Estos análisis se realizaron utilizando el programa IBM SPSS V22.

5. Resultados

5.1. Producción de Leche.

Se observo una diferencia significativa ($P<0.05$) en las medias de la producción de leche en vacas de primer parto pertenecientes al grupo POST (26.403 kg) versus el grupo PRE (19.074 kg), este mismo resultado se presentó en las vacas de segunda lactación con pertenecientes al grupo POST (32.160kg) versus las del grupo PRE (24.930kg) Tabla 4.

Al realizar la correlación de Spearman para determinar el grado de asociación entre el tratamiento utilizado con los resultados obtenidos se obtuvo un valor de Rho de Spearman de **0,835** lo que indica alto grado de asociación entre el tratamiento utilizado y su efecto sobre la producción de leche (Tabla 5).

Tabla 4. Comparación de medias producción de leche en animales de primera y segunda lactancia con el uso de líneas de piso de goma.

	Número de lactancia							
	1				2			
	Tratamiento				Tratamiento			
	PRE		POST		PRE		POST	
	Media	Desv. Est.	Media/ P valor	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Producción de leche	19,074$_a$	0,926	26,403$_b$ P=0.000	,929	24,930$_a$	0,677	32,160$_b$ P=0.000	0,691

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna. Las pruebas asumen varianzas iguales.

Tabla 5. Correlación de Spearman para las variables Producción de leche y uso de piso de goma.

Correlaciones			Prod. de leche	Tratamiento
Rho de Spearman	Producción de leche	Coeficiente de correlación	1,000	,835**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	2752	2752
	Tratamiento	Coeficiente de correlación	,835**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	2752	2752

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

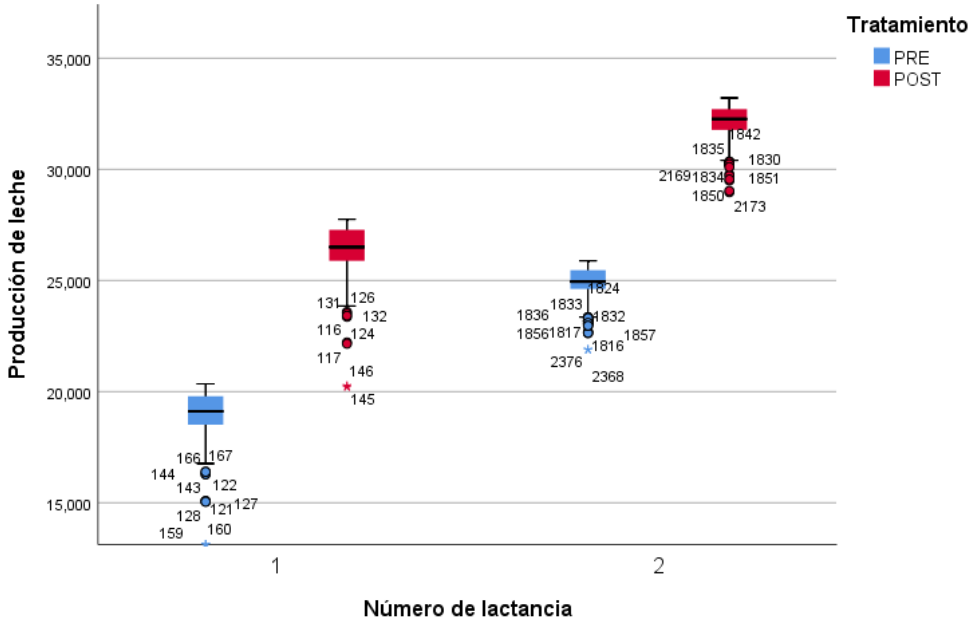


Gráfico 1. Producción de leche (media) por lactancia, con la implementación de piso de goma

El Gráfico 1, representa la media ± desviación estándar de producción diaria de leche (l/vaca/d), de acuerdo con el número de lactancias y el tratamiento: previo (PRE) y posterior (POST) al uso de piso de goma.

5.2. Comportamiento

En la Tabla 6, se muestran los resultados de las observaciones obtenidas durante el etograma; los datos corresponden al porcentaje de eventos observados por el número total de animales.

La Tabla 7, muestra la media de eventos observados previo y posterior a la implementación de dos líneas de piso de goma. Los comportamientos que se modifican por el tratamiento son: Detenerse (PRE, 25; POST, 11. P<0.05), Deslizamientos (PRE, 17; POST, 7. P<0.05) y Caídas (PRE, 2; POST, 0. P<0.05); el resto de comportamiento no muestra diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 6. Eventos de comportamiento bovino, durante la conducción al ordeño.

EVENTOS	PRE TX				POST TX			
	BAJA		ALTA		BAJA		ALTA	
	Prom	EE	Prom	EE	Prom	EE	Prom	EE
DETENERSE	3.54	0.51	5.71	0.92	8.08	1.86	12.85	2.43
CONGELADA	0.07	0.07	0.29	0.09	0.30	0.19	1.24	0.46
DESLIZAMIENTO	0.96	0.20	5.10	0.32	1.25	0.49	12.78	0.87
CAÍDA	0.00	0.00	0.14	0.09	0.00	0.00	1.28	0.26
RESISTIENDO	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.20	0.20
CORRIENDO	1.11	0.41	0.07	0.07	1.08	0.50	0.91	0.36
VOCALIZANDO	0.28	0.17	0.16	0.10	0.28	0.21	0.77	0.38
DEFECA	0.14	0.09	0.38	0.19	0.07	0.07	0.54	0.35
ORINA	0.37	0.22	0.35	0.19	0.28	0.14	0.00	0.00

PRE TX – previo a la instalación de piso de goma, **POST TX** – posterior a la instalación de callejones cubiertos con piso de goma. **BAJA** – Zona de baja incidencia de eventos, **ALTA** – Zona con presencia de estiércol y mayor incidencia de deslizamientos y caídas. Se presenta el porcentaje (%) de eventos observados sobre el número total de animales.

Tabla 7. Comportamientos observados en ganado lechero con el uso de piso de goma

	TTR	
	PRE	POST
	Media	Media
DETENERSE	25_a	11_b
CONGELADA	2_a	0_a
DESLIZAMIENTO	17_a	7_b
CAÍDA	2_a	0_b
RESISTIENDO	0_a	0_a
CORRIENDO	2_a	1_a
VOCALIZANDO	1_a	1_a
DEFECA	1_a	1_a
ORINA	0_a	1_a

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna.

Los porcentajes de eventos por vaca (Tabla 8) que mostraron diferencias estadísticamente significativas fueron, Detenerse, Congelada, Deslizamientos y Caídas; las diferencias corresponden alrededor del 50 % menos al utilizar las líneas de piso de goma, con respecto a la etapa previa.

Tabla 8. Porcentaje de diversos eventos en ganado lechero con el uso de piso de goma.

	TTR	
	PRE	POST
	Media	Media
Detenerse (%)	10,47$_a$	4,63$_b$
Congelada (%)	,77$_a$	0,18$_b$
Deslizamiento (%)	7,01$_a$	3,03$_b$
Caída (%)	0,64$_a$	0,07$_b$
Resistiendo (%)	0,10$_a$	0,03$_a$
Corriendo (%)	0,99$_a$	0,59$_a$
Vocalizando (%)	0,53$_a$	0,22$_a$
Defeca (%)	0,30$_a$	0,26$_a$
Orina (%)	0,14$_a$	0,36$_a$

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna.

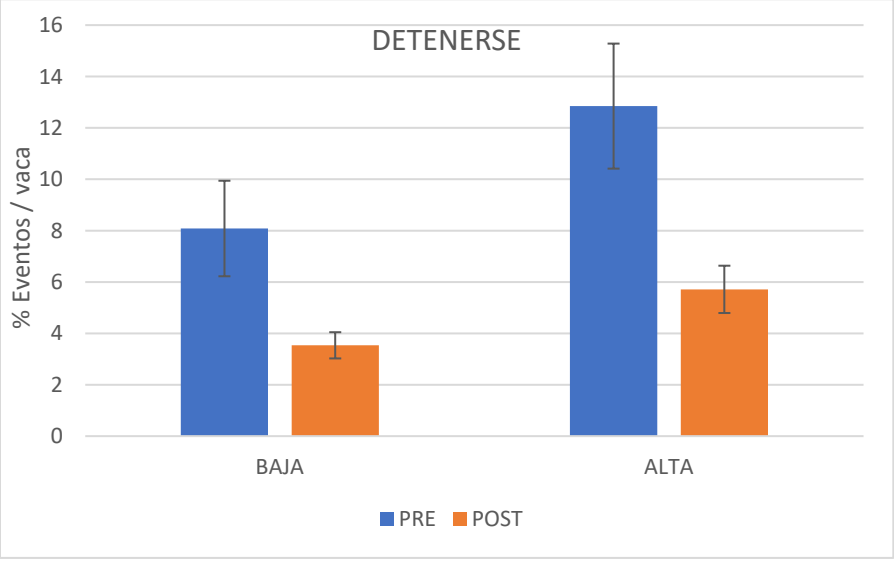


Gráfico 2. Porcentaje de DETERNESE observado, de acuerdo con la zona (Alta o Baja) de observación.

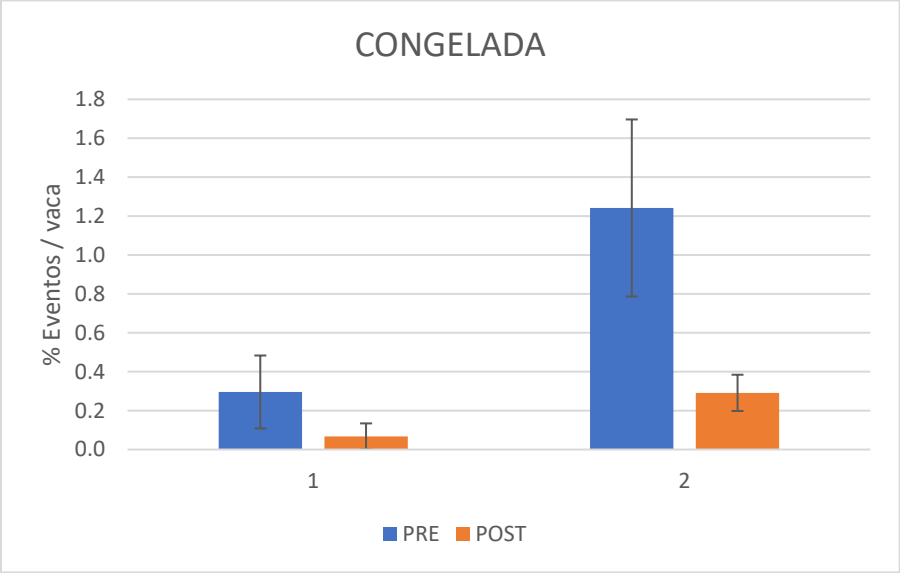


Gráfico 3. Porcentaje de CONGELADA observado, de acuerdo con la zona (Alta o Baja) de observación.

Los gráficos 4 y 5, corresponden a los eventos *Deslizamientos* y *Caída,* respectivamente, expresados en porcentaje (%) de eventos por vaca previo (PRE) y posterior (POST) al tratamiento.

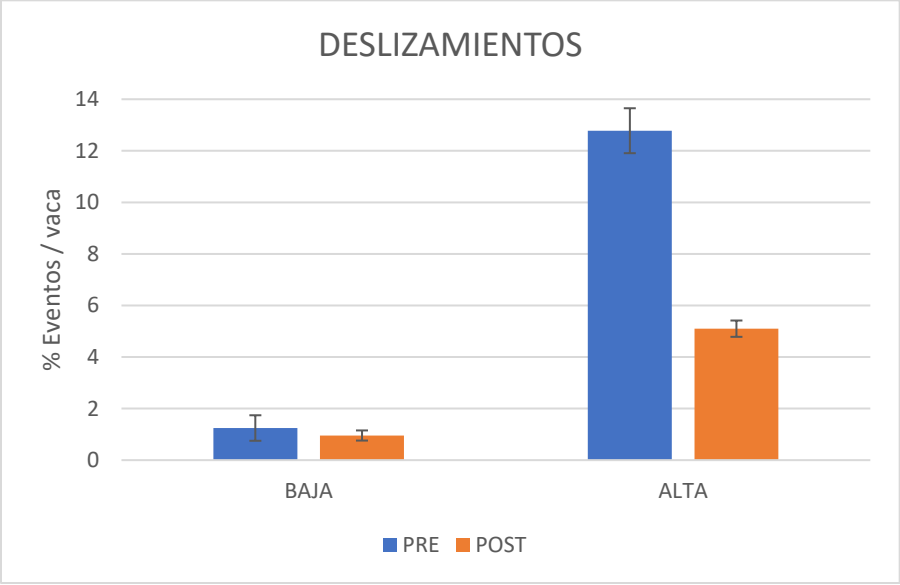


Gráfico 4. Porcentaje de DESLIZAMIENTOS observado, de acuerdo con la zona (Alta o Baja) de observación.

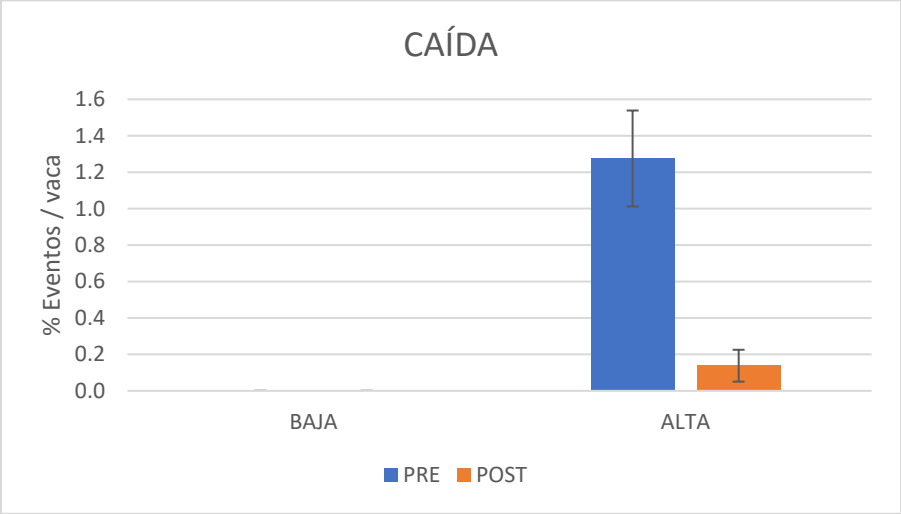


Gráfico 5. Porcentaje de CAÍDA observado, de acuerdo con la zona (Alta o Baja) de observación.

5.3. Tiempos de conducción

Los tiempos de conducción hacia el ordeño, muestran diferencia significativa derivados de la aplicación del tratamiento (Tabla 9). Se evidencia la reducción en los tiempos de conducción, por corral de 170 s posterior al tratamiento (POST – 500 s, PRE – 730 s; P<0.05) y por vaca alrededor de 1 s (POST – 2.19 s, PRE – 3.14 s; P<0.05).

Tabla 9. Comparación en tiempos de entrada en ganado lechero con el uso de piso

	TTR	
	PRE	POST
	Media	Media
Tiempo_s_1era	70$_a$	30$_a$
Tiempo_s_Todas	730,0$_a$	500,0$_b$
Tiempo_s_Vaca	3,14$_a$	2,19$_b$

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna. Las casillas sin subíndice no se incluyen en la prueba. Las pruebas asumen varianzas iguales.[1]

El Gráfico 6 muestra la media del tiempo de conducción por animal, al dirigirse al ordeño.

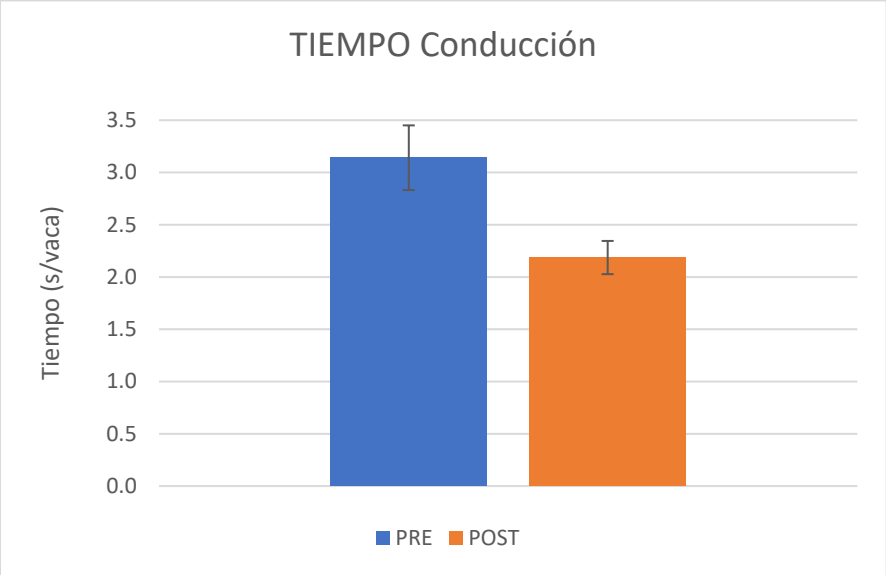


Gráfico 6. Tiempo de conducción por vaca (s/vaca) de acuerdo con el tratamiento.

5.4. Locomoción

Los resultados obtenidos de la aplicación de la escala de locomoción, propuesta por *DairyCo,* evidencian mejora en la incidencia de los diferentes grados de movilidad (Tabla 10). Se observa un incremento en la incidencia de la clasificación Buena – 0, posterior a la implementación del piso de goma (PRE – 8, POST 12; P<0.05), por otro lado, la clasificación 2 disminuye entre tratamientos (PRE 7, POST 3; P<0.05).

Tabla 10. Comparación en la presentación de diversos grados de movilidad (*Score DairyCo*) en ganado lechero.

	TTR	
	PRE	POST
Locomoción	Media	Media
Buena – 0	8_a	12_b
Alterada – 1	12_a	12_a
Dañada – 2	7_a	3_b
Muy Dañada – 3	2_a	1_a

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna. Las casillas sin subíndice no se incluyen en la prueba. Las pruebas asumen varianzas iguales.[1]

Los porcentajes de incidencia de cada grado de movilidad mejoran posterior a la implementación de líneas de piso de goma n el pasillo de conducción; el grado 0, mejora 35 % y el grado 2, 120%, con respecto a la fase previa al tratamiento (Tabla 11).

Tabla 11. Comparación en el porcentaje de presentación de diversos grados de movilidad en ganado lechero

	TTR	
	PRE	POST
(%)	Media	Media
Buena – 0	27,381$_a$	42,262$_b$
Alterada – 1	42,262$_a$	42,857$_a$
Dañada – 2	23,810$_a$	10,714$_b$
Muy Dañada – 3	6,548$_a$	4,167$_a$

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< ,05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna. Las casillas sin subíndice no se incluyen en la prueba. Las pruebas asumen varianzas iguales.[1]

La Grafica 7, muestra los porcentajes obtenidos por cada grado de movilidad. Evidencia el incremento en el grado cero, así como un descenso en la categoría 2.

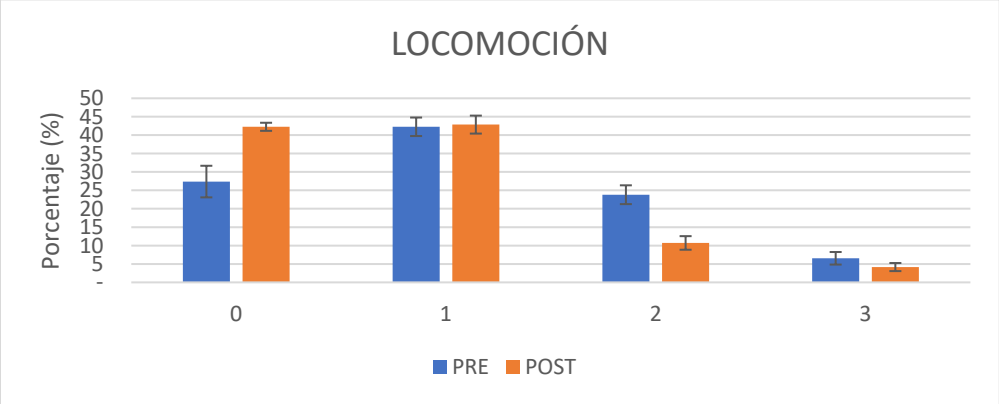


Gráfico 7. Escala de movilidad, previo y posterior al uso de piso de goma

6. Discusión

La producción de leche incrementó posterior al uso de piso de goma tanto en animales de primera lactancia (7.11 l/vaca/d) como en los de segunda lactancia (7.65 l/vaca/d). Eicher et al (2013) reportaron incremento en el contenido nutricional de la leche, lo anterior en animales de primera lactancia.

Los efectos observados sobre el comportamiento y la locomoción, en el área de alta incidencia (donde existe acumulación de estiércol), coinciden con lo reportado anteriormente. Algunos autores han reportado que las vacas reducen la velocidad y la longitud de los pasos, en zonas resbalosas, como un mecanismo de adaptación para reducir el deslizamiento y el riesgo de

caída (Flower et al., 2007; Telezhenko et al., 2017; Zillner et al., 2018); siendo similar a los resultados obtenidos en el tiempo de conducción, al brindar una zona segura, mejora tracción, lo que permite aumentar la velocidad de tránsito, 3.8 min por grupo.

Para asegurar el bienestar de los animales, es imprescindible el monitoreo y control de problemas podales (Archer et al., 2010), para lo cual es necesario implementar escalas de locomoción. La escala de locomoción propuesta por DairyCo, considera características de la marcha (simetría de paso, longitud y renuencia en apoyar), postura (espalda arqueada) y otros (velocidad de la marcha) (Schlageter et al., 2014; Zillner et al., 2018); siendo de las escalas más completas y prácticas para su aplicación en campo. Los resultados obtenidos evidencian la importancia de brindar espacios de transito más seguros; ante la presencia de piso de goma los animales sufrieron 50 % menos deslizamientos y caídas, lo anterior es similar a lo reportado por Rushen et al (2004) y Telezhenko y Bergsten (2005). Lo que evidencia que es posible mejorar las condiciones del piso mediante la instalación de piso de goma.

7. Conclusiones

El uso de piso de goma en pasillos de conducción y zonas con alto tránsito permite mejorar las condiciones de los alojamientos; favoreciendo la salud, producción y el bienestar de los animales. La implementación de este tipo de herramientas permite garantizar el bienestar animal, y mejora la rentabilidad de la producción.

Mejorar las condiciones en los pasillos de conducción reduce el riesgo de deslizamientos y caídas, eliminando así el riesgo de eliminar animales de la producción. Shepley et al. (2020) mencionan que las vacas altas productoras tienen mayor riesgo de ser eliminadas de la producción, lo que impacta negativamente la longevidad del hato, el bienestar animal y la sustentabilidad.

8. Referencias

1. Archer, S. C., Green, M. J., & Huxley, J. N. 2010. Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. Journal of dairy science, 93(9), 4045-4053.
2. B. Sadiq, M., Ramanoon, S. Z., Shaik Mossadeq, W. M., Mansor, R., & Syed-Hussain, S. S. 2017. Association between lameness and indicators of dairy cow welfare based on locomotion scoring, body and hock condition, leg hygiene and lying behavior. Animals, 7(11), 79.
3. Bell, N., & Huxley, J. 2009. Locomotion, lameness, and mobility in dairy cows. Veterinary Record, 164(23), 726–726. doi:10.1136/vr.164.23.726
4. Chalate, MH, Gallardo-López F, Pérez-Hernández P, Lang-Ovalle F, Ortega- Jiménez E & Vilaboa AJ. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos. *Zootecnia tropical* 28(3): 329-339.
5. DairyCo. AHDB Dairy Mobility Score, https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Dairy/ahdb_dairy_mobility_score_score_sheet__2_.pdf | consultado 02 de marzo de 2023
6. DairyCo. Dairy mobility score sheet. https://ahdb.org.uk/knowledge-library/dairy-mobility-scoresheet Consultado 02 de marzo de 2023.
7. Eicher, S. D., Lay, D. C., Jr, Arthington, J. D., & Schutz, M. M. 2013. Effects of rubber flooring during the first 2 lactations on production, locomotion, hoof health, immune functions, and stress. Journal of dairy science, 96(6), 3639–3651. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6049
8. Fischer, D., Friebel, L. I., Grund, S., Winter, W., Wagner, F. C., & Mülling, C. K. 2022. Gait Analysis in Walking and Trotting Dairy Cows on Different Flooring Types with Novel Mobile Pressure Sensors and Inertial Sensors. Animals, 12(18), 2457.
9. Flower, F. C., De Passillé, A. M., Weary, D. M., Sanderson, D. J., & Rushen, J. 2007. Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers. Journal of dairy science, 90(3), 1235-1242.
10. Frankena, K., Somers, J. G. C. J., Schouten, W. G. P., Van Stek, J. V., Metz, J. H. M., Stassen, E. N., & Graat, E. A. M. 2009. The effect of digital lesions and floor type on locomotion score in Dutch dairy cows. Preventive veterinary medicine, 88(2), 150-157.

11. Horseman, S., Roe, E., Huxley, J., Bell, N., Mason, C., & Whay, H. 2014. The use of in-depth interviews to understand the process of treating lame dairy cows from the farmers? perspective. Animal Welfare, 23(2), 157–165. doi:10.7120/09627286.23.2.157
12. Lange, A., Waiblinger, S., Heinke, A., Barth, K., Futschik, A., & Lürzel, S. 2020. Gentle interactions with restrained and free-moving cows: Effects on the improvement of the animal-human relationship. Plos one, 15(11), e0242873.
13. Lindahl C., Pinzke S., Herlin A., Keeling LJ. 2016. Human-animal interactions and safety during dairy cattle handling—Comparing moving cows to milking and hoof trimming. Journal of Dairy Science, Volume 99, Issue 3, Pages 2131-2141. https://doi.org/10.3168/jds.2014-9210.
14. Phillips, C. J. C., y I. D. Morris. 2002. The ability of cattle to distinguish between and their preference for floors with different levels of friction and their avoidance of floors contaminated with excreta. Anim. Welfare 11:21–29.
15. Platz, S., Ahrens, F., Bendel, J., Meyer, H. H. D., & Erhard, M. H. 2008. What happens with cow behavior when replacing concrete slatted floor by rubber coating: A case study. Journal of dairy science, 91(3), 999-1004.
16. Reader, J. D., Green, M. J., Kaler, J., Mason, S. A., & Green, L. E. 2011. Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle. Journal of dairy science, 94(10), 5045-5052.
17. Rushen, J., & De Passillé, A. M. 2006. Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *Journal of dairy science*, *89*(8), 2965-2972.
18. Rushen, J., de Passillé, A. M., Borderas, F., Tucker, C., & Weary, D. 2004. Designing better environments for cows to walk and stand. Advances in Dairy Technology, 16, 55-64.
19. Schlageter-Tello, A., Bokkers, E. A., Koerkamp, P. W. G., Van Hertem, T., Viazzi, S., Romanini, C. E., ... & Lokhorst, K. 2014. Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review. Preventive veterinary medicine, 116(1-2), 12-25.
20. Schütz, K. E., Rajapaksha, E., Mintline, E. M., Cox, N. R., & Tucker, C. B. 2018. Stepping behavior and muscle activity of dairy cattle standing on concrete or rubber flooring for 1 or 3 hours. Journal of dairy science, 101(10), 9472-9482.
21. Solano, L., Barkema, H. W., Pajor, E. A., Mason, S., LeBlanc, S. J., Heyerhoff, J. Z., ... & Orsel, K. 2015. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. Journal of dairy science, 98(10), 6978-6991.
22. Solorio SFJ, Bacab PH, Castillo CJB, Ramírez AL, Casanova LF, & Mérida I. 2009. Potencial de los sistemas silvopastoriles en México. En: II Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos en camino hacia núcleos de ganadería y bosques. Morelia, México: Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán–UADY. http://www.siac.org.mx/tecnos/8mich.pdf
23. Telezhenko, E., & Bergsten, C. 2005. Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. Applied Animal Behaviour Science, 93(3-4), 183-197.
24. Telezhenko, E., Bergsten, C., Magnusson, M., Ventorp, M., & Nilsson, C. 2008. Effect of different flooring systems on weight and pressure distribution on claws of dairy cows. *Journal of dairy science*, *91*(5), 1874-1884. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0742
25. Telezhenko, E., Lidfors, L., & Bergsten, C. 2007. Dairy cow preferences for soft or hard flooring when standing or walking. Journal of dairy science, 90(8), 3716-3724.
26. Telezhenko, E., Magnusson, M., & Bergsten, C. 2017. Gait of dairy cows on floors with different slipperiness. Journal of Dairy Science, 100(8), 6494-6503.
27. Vokey, F. J., Guard, C. L., Erb, H. N., & Galton, D. M. 2001. Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. Journal of dairy science, 84(12), 2686-2699.
28. Zillner, J. C., Tücking, N., Plattes, S., Heggemann, T., & Büscher, W. 2018. Using walking speed for lameness detection in lactating dairy cows. Livestock Science, 218, 119-123.

Enfermedades infecciosas

ETIOLOGÍA Y SUSCEPTIBILIDAD ANTIBACTERIANA EN MASTITIS SUBCLÍNICA EN VACAS LECHERAS LACTANTES EN MICHOACÁN, MÉXICO

Perea C. R. A., Barrera J. I*.

RESUMEN

En el estado de Michoacán los sistemas comunes de producción de leche son de tipo pequeña escala y los tamaños de hato promedio es de 30 a 40 vacas, la venta de leche representa el mayor porcentaje de ingresos a la familia. El mayor impacto económico de la mastitis se da por la forma subclínica, ya que pasa desapercibida por los productores, por tanto, el presente estudio tiene como **Objetivo**: determinar la prevalencia de mastitis infecciosa bovina y establecer su etiología y susceptibilidad antimicrobiana. **Métodos**: Mediante la prueba California para Mastitis (CMT), se evaluaron 426 cuartos pertenecientes a 106 vacas en 15 establos lecheros del *Municipio De Jiquilpan, Michoacán.* Los establos fueron escogidos mediante un muestreo no probabilístico. De los cuartos con reacciones trazas hasta casos subclínicos y clínicos, se tomó una muestra de leche para aislar los microorganismos involucrados en la mastitis bovina.

Resultados: El 11.30% (n=480) de los cuartos fue positivo para mastitis subclínica. El 92.21% de los aislamientos involucró microorganismos infecciosos. *Staphylococcus aureus*, fue aislado en el 87.56% y se convirtió en el principal patógeno aislado. *Staphylococcus coagulasa negativos* (SCN) fueron aislados en el 0.3%. *Streptococcus agalactiae* fue aislado en el 2.10% de las muestras, *Streptococuss uberis* aislado en el 3.60%. *Corynebacterium bovis* se aisló en el 2.10%.

Conclusión: *Staphylococcus aureus* fue el principal agente etiológico de las mastitis en los 15 hatos lecheros en *Municipio De Jiquilpan Michoacán* Aunque todavía existe una buena susceptibilidad a los antibióticos usados en programas de prevención y control de la mastitis bovina debe continuar la vigilancia con estudios periódicos como este propuesto y evaluar el impacto económico sobre la producción de leche.

Palabras clave: mastitis, microorganismos, vacas lecheras, susceptibilidad antimicrobiana .

INTRODUCCIÓN

En México se pueden identificar tres sistemas de producción de leche: el especializado, pequeña escala y el de doble propósito. El especializado se caracteriza por tener el mayor tamaño de hato, que se encuentra estabulado y mecanizado para el ordeño y producción de forraje. Los otros dos sistemas presentan menor tamaño del hato entre 30 60 vacas, utilizan

Cruzas de las razas Hoistein, Suizo y criollo, tienen menos tecnología y predomina la mano de obra familiar y el rendimiento de leche por vaca oscila entre 9 y 18 L d^{-1} (Cervantes et al., 2001). En el estado de Michoacán los sistemas comunes de producción de leche son de tipo pequeña escala y los tamaños de hato promedio es de 30 a 40 vacas que se alimentan con subproductos agropecuarios y pastoreo de pastos nativos, corte y acarreo de forraje, la venta de leche representa el mayor porcentaje de ingresos a la familia. (Wiggins S. et al., 2001).

Entre las enfermedades más importantes que afectan al ganado bovino lechero está la mastitis, patología reconocida mundialmente por causar grandes pérdidas económicas tanto al productor como a la industria (Watts et al., 1995). En Estados Unidos de América, se ha estimado que las pérdidas sólo por menor producción de leche alcanzan a 1 billón de dólares anuales y que el costo promedio de la mastitis clínica fluctúa entre 27 y 50 dólares/ vaca/año (DeGraves y Fetrow. 1993). Si bien existen numerosos factores que influyen en la presentación de la mastitis, estos responden

*__Barrera Jiménez Ivonne__. Universidad Autónoma Metropolitana – X Ceparo División de CBS, rperea@correo.xoc.uam.mx 5581811714. Calzada Del Hueso 1100 Col. Villa Quietud Coyoacán.

principalmente a causas traumáticas o a la infección por microorganismos patógenos, entre los cuales algunas especies bacterianas juegan un rol particularmente importante. Considerando este último aspecto, la terapia de la mastitis clínica se focaliza fundamentalmente en la eliminación del agente infeccioso, utilizando como primera herramienta terapéutica los antimicrobianos. La mastitis clínica se caracteriza por presentar: inflamación, rubor, calor, dolor y pérdida parcial de la función de los cuartos o la glándula mamaria y en la leche se observa la presencia de coágulos o grumos y su color se torna amarillo o rojizo por la presencia de pus o de sangre; en casos severos hay aumento de la temperatura corporal y del pulso, decaimiento, pérdida del apetito y baja de la producción. La forma subclínica se caracteriza por la ausencia de signos clínicos en la ubre y la apariencia normal de la leche, sin embargo, el recuento de las células somáticas (RCS) se encuentra aumentado (Philpot y Nickerson, 2000; Radostits *et al*., 2002).

El mayor impacto económico de la mastitis se da por la forma subclínica, ya que pasa desapercibida por los productores y asistentes técnicos, siendo su casuística mayor y donde el aumento del RCS produce una disminución en el volumen y en algunos componentes como caseína, grasa, sólidos totales, disminución del calcio, aumento de sodio y cloro y en los procesos de pasteurización las células liberan enzimas que reducen la vida útil de los diferentes subproductos lácteos (Philpot y Nickerson. 2000; Saran y Chaffer, 2000; Martel, J. L. et al., 2000; Aarestrup, F. M. 1999, entre otros, han adelantado estudios sobre prevalencia e impacto económico en los sistemas de producción. Concluyeron que la falta de enfoque gerencial y la presencia de mastitis son las principales limitantes de este tipo de ganaderías.

Los microorganismos dentro de la ubre del hospedero pueden ser patógenos obligados como *Streptococcus agalactiae,* ya que sólo se aísla del interior de la glándula mamaria y no obligados como el *Staph. aureus*, que se puede aislar del interior de la glándula mamaria, de lesiones de la piel de los pezones, de las manos de los ordeñadores, en las camas, de los equipos de ordeño (Chávez *et al*., 2000; Gentilini *et al*., 2002; Timms y Shultz, 1997). Por lo anteriormente expuesto el presente estudio tiene como **Objetivo** determinar la prevalencia de mastitis infecciosa y establecer su etiología, y susceptibilidad antimicrobiana, en 15 hatos de vacas lecheras lactantes bajo ordeña manual y mecánica en el *Municipio De Jiquilpan. Michoacán.*

MATERIALES Y MÉTODOS

PARTE EXPERIMENTAL

-*Diseño del estudio.* Muestreo no probabilístico de conveniencia y transversal (Martin *et al.,* 1987; Thrusfield, 1990)

-*Materiales*. Se escogieron 15 establos manejados bajo el sistema producción de leche pequeña escala en el *Municipio De Jiquilpan Michoacán*. Se realizó, en el centro de la Región Lerma-Chápala. Geográficamente perteneciente al Distrito de Riego 024 Cienega- Chapala.

-*Descripción Del Área De Estudio*. Jiquilpan (Región Lerma-Chapala) Se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19º59' de latitud norte y 102º43' de longitud oeste, a una altura de 1,550 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Regules y Sahuayo, al este con Villamar, al oeste con Marcos Castellanos y al sur con Cotija y el Estado de Jalisco. Su distancia a la capital del Estado es de 208 kms (clasificación de Koppen) modificado por García (1981) , En la región encontramos clima tipo (a)c(wo)(w)a(e)g es decir semicálido subhúmedo (el menos húmedo de los templados) con lluvias en verano, la precipitación varía entre 720 y 900 mm anuales, el porcentaje de lluvia invernal es de menor al 5% de la precipitación total anual mientras que la precipitación del mes más seco es menor a 40 mm., y la máxima es de 193 mm., la temperatura media anual es de 20.9 ºC el mes más cálido es mayo con 24.1 ºC y el mas frio es enero con 14.2 ºC es extremoso, es decir la diferencia entre el mes más frio y el más cálido es entre 7 y 14 ºC. Este clima es el que predomina en el área estudiada integrada a los llanos de los municipios de Sahuayo, Venustiano Carranza, Pajuacarán, Jiquilpan, Cojumatlan, Villamar, Briseñas y parte de Vista Hermosa. La unidad de suelos predominante, corresponde a vertisol, el cual ocupa un 76% de la superficie total (SAGARPA 2007).

-*Metodología en el laboratorio*

-*Prueba de CMT.* Por medio de la prueba de California para Mastitis (CMT) y un examen clínico, se evaluaron 106 vacas en ordeño (**424** cuartos); siguiendo la metodología descrita en el 2000 por Philpot y Nickerson. De las reacciones de trazas, cuartos positivos (CMT 1, 2, 3) y de los casos clínicos se tomó una muestra de leche de 5 ml en un tubo estéril de tapa rosca, previa limpieza y desinfección del pezón, mediante el uso de torundas individuales de algodón empapado con alcohol etílico al 70%, usando varias torundas por pezón, hasta que la última torunda una vez usada no presentó suciedad; de esta forma se garantizó la asepsia de los pezones. Las muestras se conservaron en refrigeración, hasta su procesamiento en el Cepario de la Universidad autónoma Metropolitana, se siguió la metodología propuesta en el *Laboratory handbook on bovine mastitis*, del Consejo Nacional de la Mastitis de los Estados Unidos (NMC, 2005).

-*Cultivo e identificación bacteriana y susceptibilidad antimicrobiana.* Las muestras de leche, se sembraron en agar sangre, agar MacConkey y agar Ogy. Se incubaron entre 18 y 48 horas. Posteriormente, se hizo la coloración de Gram para determinar morfología y tinción de los microorganismos, clasificándolos como cocos o bacilos, Gram positivos y Gram negativos. A los cocos Gram positivos se les realizó la prueba de la catalasa, y se les implementó la prueba de la coagulasa, clasificando los cocos como coagulasa positivos o negativos. Esta metodología se complementó con un sistema de identificación comercial, confirmando género y especie (APi Systems®); de esta forma se pudo discriminar entre *Staphylococcus aureus* de otros estafilococos coagulasa positivos como *Staphylococcus intermedius* y *Staphylococcus hyicus* (NMC, 2005).

-*Pruebas de Identificación*

-Prueba de catalasa. Los cocos Gram positivos y catalasa negativos se identificaron como *Streptococcus spp* a los cuales se les efectuó la prueba de CAMP, hidrólisis de la esculina, hipurato e inulina y crecimiento en NaCl. Para determinar el género y la especie a los bacilos Gram negativos se les realizaron las pruebas de la oxidasa, indol, triple azúcar, RM-VP, LIA, citrato y urea.
-*Prueba de sensibilidad.* La determinación de la sensibilidad antibacteriana se realizó por la técnica de difusión del disco o de Kirby Bauer (NCCLS, 2003), y para las cepas de *Staphylococcus aureus* se evaluaron sensidiscos con: vancomicina 30 µg, cefotixin 30 µg, gentamicina 10 µg, oxacilina 1 µg, eritromicina *15* µ*g*, amoxacilina más ácido clavulámico 30 µg; la inclusión de sensidiscos como la vancomicina se hizo de manera rutinaria para mantener una vigilancia de *S. aureus* meticilino resistentes (MRSA). Con cepas de *Streptococcus spp* se evaluó la sensibilidad para: penicilina 10 UI, 5 µg, cefotixin 30 µg, gentamicina 10 µg, amoxacilina 30 µg, tetraciclina 30 µg, Trimetroprim más sulfa 25 µg. Con bacilos Gram positivos se probaron sensidiscos de: penicilina 10 UI, cefotixin 30 µg, gentamicina 10 µg, oxacilina 1 µg, eritromicina 15 µg, amoxacilina & a. clavulámico 30 µg, tetraciclina 30 µg, cefalexina 30 µg, Trimetroprim & sulfa 25 µg y los bacilos Gram negativos: cefotixin 30 µg, gentamicina 10 µg, eritromicina 15 µg, tetraciclina 30 µg, Trimetoprim más sulfa 25 µg, usando sensidiscos de una casa comercial registrada (Oxoid, Basingstoke, UK).
-*Análisis estadístico. Para* el análisis de los resultados se usó estadística descriptiva y estos cálculos se obtuvieron mediante el uso del Programa Estadístico en Biología (PAPIME PE206022).

RESULTADOS

El ordeño en las fincas involucradas en este estudio, se realizó en forma manual en el 93.64% (n=14) y tan sólo el 6.36% (n=1) de las fincas el ordeño fue mecanizado, como se observa en la tabla 1. A la prueba California para mastitis (CMT) por finca se encontró que el 86% (n=364) de los cuartos fueron negativos, el 11.79% (n=50) de los cuartos fueron positivos para algún grado de mastitis subclínica (CMT 1, 2,3). La mastitis clínica (reacción 4) alcanzó una prevalencia del 1.10% (n=4.6) de los cuartos. El número de cuartos perdidos o ciegos (CMT=5) varió entre 1 (finca 14) hasta 13 (finca 2), exceptuando la finca 7, donde no se presentaron cuartos perdidos.

Tabla 1. Repartición de las Relaciones de CTM por Cuarto en los 15 establos estudiados

Establo /tipo ordeño	Total, de cuartos	CMT0	CMTt	CMT1	CMT2	CMT3	CMT4
1 Manual	40	34	1	2	2		
2 Manual	46	31	2	2	3	4	2
3 Manual	21	20					
4 Manual	7	6					
5 Manual	14	13	1				
6 Manual	32	30			1		
7 Manual	20	20					1
8 Manual	43	38			2	1	1
9 Manual	27	23	1	1	1		
10 Manual	16	13	1		2		
11 Manual	38	33		3	2		
12 Manual	21	18			2	1	
13 Mecánico	52	48			1	1	
14 Manual	18	17				1	
15 Manual	28	20	1	2	3	2	
Total	**423**	**364**	**7**	**10**	**19**	**10**	**4**
Prevalencia %		**86.0**	**1.69**	**2.51**	**4.57**	**2.48**	**1.10**

En el examen clínico, se determinó que en el 99.10% (n=105.5) de las vacas la apariencia de las glándulas mamarias fue considerada normal, en el 0.5% (n=5) se observó presencia de fístulas o esfínteres necrosados y en el 0.4% (n=4) las ubres se consideraron caídas, porque presentaron los pezones por debajo de la línea del corvejón.

La distribución de las diferentes reacciones del CMT, de casos clínicos y cuartos perdidos se muestra en la tabla 2; donde el mayor número y porcentaje de cuartos perdidos se encontraron en el cuarto anterior izquierdo y donde las diferentes reacciones al CMT presentaron una distribución muy similar en los diferentes cuartos (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de las Reacciones Del CMT por Cuartos En 15 establos de vacas lecheras lactantes

Tipo de reacción por cuarto	Anterior Izquierdo		Anterior Derecho		Posterior Izquierdo		Posterior Derecho	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
*C libres	91	86	89	83.7	94	88.1	92	86.3
Trazas	2	1.2	3	2.4	1	1.2	2	1.9
1	3	2.9	3	2.6	2	1.8	3	2.7
2	5	4.1	6	6.0	4	3.9	4	4.2
3	2	2.3	3	2.6	3	2.5	3	2.4
**M. clínica	1	1.1	1	1.2	1	1.0	1	0.9
*C Perdidos	2	2.3	1	1.4	1	1.4	1	1.5
Total. cuartos	106	100	106	100	106	100	106	100

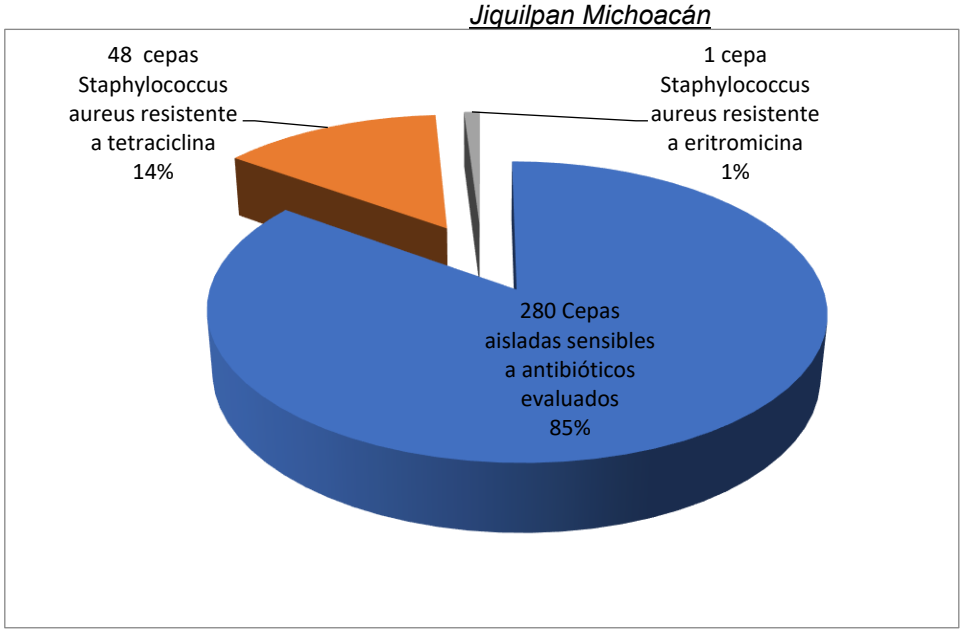
*C: Cuartos; **Mastitis.

Tabla 3. Etiología de la Mastitis En 15 establos del Municipio De Jiquilpan Michoacán

Microorganismos	Numero de Aislados	Porcentaje
Staphylococcus aureus	289	87.84
Staphylococcus intermedius	4	1.23
Staphylococcus epidermis	1	0.30
Staphylococcus hyicus	1	0.30
Streptococcus agalactiae	7	2.13
Streptococcus uberis	12	3.64
Streptococcus bovis	6	1.82
Corynebacterium bovis	7	2.13
Echerichia coli	2	0.60
Total, de Microorganismos	329	100

Para el aislamiento bacteriológico se tomaron 492 muestras de leche. En el 33.14% (n=163) de las muestras no hubo crecimiento y en el 66.86% (n=329), se aislaron microorganismos involucrados en la etiología de la mastitis bovina. El mayor porcentaje de aislamientos fue para el *Staphylococcus aureus* con el 58.7% (n=289); el segundo patógeno en importancia fue el *Streptococcus uberis* con el 2.43% (n=12), y en tercer lugar con el 1.4% (n=7) *Streptococcus agalactiae* y *Corynebacterium bovis* como lo muestra la tabla 3.
El 85.12% (n=280) de las cepas aisladas fueron sensibles a los antibióticos evaluados; el 14.58% (n=48) de las cepas de *Staphylococcus aureus* fueron resistentes a tetraciclinas, el 0.3% (n=1) de estos a eritromicina como se puede observar en la figura 1. Todos los *Staphylococcus aureus* fueron sensibles a la oxacilina.

Figura 1. . Sensibilidad antibacteriana de cepas aisladas en 15 hatos lecheros del *Municipio De Jiquilpan Michoacán*



DISCUSIÓN
El 86.0% de las reacciones del CMT correspondieron a las reacciones libres o cuartos sanos (**Tabla 1**); las reacciones subclínicas y clínicas presentaron una distribución muy similar en todos los cuartos (**Tabla 2**). El cuarto anterior izquierdo fue el que presentó el mayor número y porcentaje de cuartos perdidos. En sistemas doble propósito (Saran et al., 2000) se halló que el mayor porcentaje de reacciones al CMT se localizaron en los cuartos posteriores izquierdos y anteriores derechos que

corresponde a la secuencia del ordeño cruzado observado en la región. En ganaderías doble propósito, muy similares al nuestro (Wilson et al., 1997) se encontró que el 59.6% de los casos positivos se presentaron en los cuartos anteriores y el 40.4% en los posteriores.

La mastitis subclínica por cuarto, en explotaciones de vacas lecheras lactantes en el Municipio *De Jiquilpan Michoacán* alcanzó una prevalencia del 8.45%. Con este sistema de producción de dos ordeños al día y con cría (Wilson *et al.,* 1997) la prevalencia fue del 4.2% por cuarto, valor inferior al determinado en el presente estudio. En sistemas doble propósito con ordeño mecánico (Hernández 2003) hallo prevalencias mayores a la del presente estudio, y la asociaron con fallas en el ordeño mecánico y en sistemas especializados en la producción de leche han reportado prevalencias superiores del 21.3% 9. (Sviland, S. y Waage, S. 2002) y del 31.53% (Hernández 2003).

La mastitis clínica alcanzó una prevalencia del 1.1 % (n=4.6) por cuartos; lo que equivale a que por cada caso clínico se presenten 10.5 casos subclínicos, esta proporción es inferior a la reportada en otros estudios aplicados en zona de doble propósito 7. (Philpot 2003), donde esta relación fue de un caso clínico por 35 casos subclínicos. (Sviland, S. y Waage, S. 2002) hallaron que las reacciones clínicas fueron el 1.48%, en otros estudios del 0.27% (Cruz *et al*., 2007) y 0.32% (Reza 2003). Los cuartos secos o no funcionales se encontraron en el 1.69% (n=7.0) porcentaje inferior al reportado donde fue del 2.5% y este aumento se asoció con el número de lactancias (Blanco 2001); en este estudio (Blanco 2001) fue del 2.55% y determinaron una asociación entre el grupo racial y la presencia de mastitis, pero no encontraron asociación entre el grupo racial y el sistema de ordeño mecánico (Blanco 2001). Idénticamente (Ariznabarreta, *et al*., 2002) determinaron que el 1.25% de los cuartos estaban atrofiados y que este porcentaje fue indiferente para los dos tipos de ordeño (manual-mecánico). Una de las posibles hipótesis por las cuales se presentan cuartos perdidos, puede ser por la forma de secado intermitente que predomina en los sistemas doble propósito, junto con la no implementación de la terapia de la vaca seca y el alto riesgo de infección mamaria al comienzo y final del período de vaca seca (Ruegg 2004).

Los patógenos infecciosos constituyeron el 92.21% de los aislamientos y en los ambientales, el 7.79 % lo cual demuestra que en este sistema de producción en el *Municipio De Jiquilpan Michoacán*, la mastitis bovina es posiblemente de tipo infeccioso, predominando el *Staphylococcus aureus* (58.7%). Igualmente, Donado *et al*., (1992) reportaron una prevalencia del 31.9% para este microorganismo. El *Staphylococcus aureus* ha sido reportado como una problemática en sistemas con ordeño manual y mecánico (Faría *et al*., 2005), donde es el principal patógeno aislado de las infecciones subclínicas con el 67% y en ese mismo territorio, ha sido una de las bacterias más aisladas en muestras de leche de vacas de doble propósito al inicio del período seco con el 12.15% (Boscán *et al*., 2009).

En ganaderías especializadas en la producción de leche (San Martin *et al*., 2002), *Staphylococcus aureus,* fue el principal patógeno con el 55.53%, igualmente reporta (Aponte, 2007) que este patógeno predominó frente a los demás. Otros investigadores reportan que en sistemas especializados en leche ubicados en altiplano este patógeno es preponderante (Hernandez 2003., Reza 2003), los reportes en ganaderías lecheras similares a las condiciones del *Municipio De Jiquilpan* obtienen, hallazgos similares (Donado *et al*., 1992) y los hallazgos del presente estudio, establecen que el *Staphylococcus aureus* es uno de los agentes etiológicos más frecuente de la mastitis bovina 87.84% en este municipio michoacano y la persistencia se podría deber a ciertos factores como: fallas en el uso de la terapia antibiótica (Ramírez *et al*., 2001), y los factores de virulencia propios de este microorganismo como encapsulamiento en tejido fibroso, sobrevivencia a la fagocitosis en células polimorfonucleares, capacidad de formar las llamadas "**Formas L**", que no poseen pared celular y, por lo tanto, resisten a los agentes antibacterianos , potencial de distribución en tejidos mamarios, modificaciones del medio interior de la glándula mamaria por pH y residuos inflamatorios (Blowey y Edmonson, 1999; Philpot y Nickerson, 2000; Sandholm *et al*., 1995) y producción de biopelículas (Mella *et al*., 2001); factores de virulencia aun no bien estudiados. (Sandholm *et al*., 1995).

De las cepas aisladas de *Staphylococcus aureus,* el 85.04% (n=280) presentaron sensibilidad frente a los antibióticos evaluados y solamente el 14.08 % (n=48) presentaron resistencia a tetraciclinas y el 1.0% (n=1) a eritromicina. En Francia, se determinó que las cepas de *Streptococcus dysgalactiae* fueron más resistentes a las tetraciclinas (Guérin-Faublée *et al.,* 2002). La mayor resistencia de *Staphylococcus aureus* a las tetraciclinas, en el actual estudio, puede ser debida al uso excesivo de este antibiótico, ya que se encontró que en los establos donde se presentó este fenómeno, es frecuente el uso de este antibiótico en la prevención y curación de cualquier proceso infeccioso y

además es usado en lavados uterinos para la transferencia de embriones. En sistemas de doble propósito en condiciones similares de manejo (Ariznabarreta *et al*., 2002) se ha reportado que el 13.63% de las cepas de *Staphylococcus aureus* fueron multiresistentes (más de tres antibióticos).
Otros trabajos de investigaciones reportan en cuencas lecheras estudiadas (Ramírez *et al*., 2001), hallazgos de 28.6% de *Staphylococcus aureus que* fueron sensibles a vancomicina, el 57.1% con sensibilidad intermedia y el 14.3% resistentes a este último antibiótico (aunque no se comprobó molecularmente este mecanismo de resistencia) el 28.6% fueron sensibles a la penicilina, el 14.3% presentaron sensibilidad intermedia y el 57.1% fueron resistentes a penicilina, y concluyeron que esta alta resistencia se debe al mayor uso de antibióticos en establos lecheros especializados sin ningún criterio por parte de los productores y sin la asesoría de un médico veterinario. En contraste con este hallazgo, estudios reportan una mayor resistencia de *Staphylococcus aureus* a estreptomicina (83.3%) y a oxacilina (60%) en sistemas especializados (Reza 2003).
Bacterias grampositivas aisladas de casos de mastitis (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus spp* y *Staphylococcus* coagulasa negativo) en lecherías especializadas, presentaron altos porcentajes de resistencia (> 25%), frente a amoxicilina, ampicilina, penicilina, estreptomicina y lincomicina; los *Staphylococcus aureus,* y un 6.15% de resistencia para cloxacilina (San Martin *et al*., 2002). Igualmente, en sistemas especializados en producción de leche, el *Staphylococcus aureus,* se halló resistente a penicilina, eritromicina, gentamicina y pirlimicina y sensible a oxacilina, cefalotina y ampicilina-sulbactam (Gentilini *et al*., 2000; Gentilini *et al*., 2002).
Donde se ha estudiado más la resistencia bacteriana en cepas de *Staphylococcus aureus* provenientes de mastitis, es en la Unión Europea, inicialmente se demostró sensibilidad del 100% a oxacilina, neomicina; mayor al 90% para estreptomicina, trimetoprim- sulfametoxazol, cloranfenicol, tetraciclina y eritromicina (Franklin and Rantzien, 1983). Este fenómeno ha venido aumentando con el transcurso de los años, al final del siglo pasado se encontró una mayor proporción de cepas resistentes para un antibiótico pasando del 36.9% al 63.6% a causa de la síntesis de ß -lactamasas (Miller and Bartlett, 2004).
En hatos de producción orgánica de leche, se encontró una buena sensibilidad a los antibióticos más comúnmente usados y comparados con hatos convencionales (Watts et al., 1997); los aislamientos en hatos de producción orgánica de leche fueron significativamente más susceptibles debido a la escasa presión de selección, mutaciones o adquisición de los determinantes de resistencia por parte de los antimicrobianos (Tikofsky *et al*., 2003).
Cepas de *Staphylococcus* coagulasa negativos (SCN) como *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus hyicus* no presentaron ninguna resistencia a los antibióticos empleados *in vitro*. Se ha reportado resistencia a penicilina, oxacilina, eritromicina y pirlimicina indicando que SCN aislados en Argentina exhibieron el más alto grado de resistencia a la penicilina de todos los agentes antimicrobianos probados (Gentilini *et al*., 2002) y *E. coli* no presentó resistencia a los antibióticos evaluados. Aponte (2007) observó una elevada sensibilidad a la sulfa, neomicina, gentamicina y nitrofurantoina; en Chile (San Martin *et al*., 2002); *E. coli* exhibió resistencias superiores al 25%.
Dentro del género *Streptococcus*, se identificaron las especies *Streptococcus agalactiae* (2.13%), *Streptococcus bovis* (1.82%) y *Streptococcus uberis* (3.64%). Todos los *Streptococcus agalactiae, Streptococcus uberis y Streptococcus bovis* fueron resistentes a los antibióticos evaluados. En contraste, con lo reportado en los estudios de (Ramírez *et al*., 2001) halló que para el *Streptococcus agalactiae* el 69.2% fue sensible a la penicilina, el 11.5% presentó sensibilidad intermedia y el 28.6% fue resistente a la penicilina. En sistemas doble propósito, en Venezuela (Faría *et al*., 2005) los *Streptococcus spp,* presentaron resistencia a penicilina, ampicilina y eritromicina. Estos trabajos concluyen que la resistencia de este género a los antibióticos ß-lactámicos puede ser debida al uso intensivo de estos principios activos y proponen la necesidad de racionalizar su uso. Se ha reportado una alta susceptibilidad del *Streptococcus uberis* y *Streptococcus dysgalactiae* y altos niveles de resistencia a la estreptomicina y la kanamicina (Guérin-Faublée *et al.,* 2002).
Las infecciones mixtas se presentaron en el 0.6% (n=2), por la asociación de *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae;* reporte inferior al 3.61% para las zonas doble propósito (Philpot 2003) Igualmente las infecciones mixtas se presentaron con una mayor frecuencia (11.5%), especialmente en fincas donde el ordeño se realizó en corral y los agentes aislados correspondieron a SCN, *Corynebacterium spp*, y *Enterobacter spp.*

CONCLUSIÓN

En conclusión**,** *Staphylococcus aureus* fue el principal agente etiológico de las mastitis en los 15 hatos lecheros en*_Municipio De Jiquilpan Michoacán* Aunque todavía existe una buena susceptibilidad a los antibióticos usados en programas de prevención y control de la mastitis bovina debe continuar la vigilancia con estudios periódicos como este propuesto y evaluar el impacto económico sobre la producción de leche.

REFERENCIAS

1.-Aarestrup, F. M. 1999. Association between the consumption of antimicrobial agents in animal husbandry and the occurrence of resistant bacteria among food animals. Int. J. Antimicrob. Agents 12: 279-285

2.-Aponte FCC. Perfil de resistencia *in vitro* a antimicrobianos de cepas causantes de mastitis aisladas de leche cruda bovina en establecimientos de pequeña y mediana producción Mem. Inst.Investig. Cienc. Salud 2007

3.-Ariznabarreta, A., Gonzalo, C., San Primitivo, F. 2002. Microbiological Quality and Somatic Cell Count of Ewe Milk with Special Reference to Staphylococci. J. Dairy Sci. 85:1370-1375

4.-Blanco O M. Diagnóstico de mastitis subclínica bovina. Memorias de III Congreso Nacional de Mastitis y Calidad de la Leche; 2001 junio 21–23; León (Guanajuato) México. México (DF): Consejo Nacional de Mastitis, AC, Asociación Iberoamericana de Médicos Veterinarios Especialistas en Producción Animal, 2001:7.

5.-Boscán OJ, Villarroel NR, Oviedo BA, Sánchez VA, Pino RD, García B, Hernández G L González, Pérez BM. Bacterias patógenas potenciales al inicio del período seco de vacas doble propósito con mastitis subclínicas. 2009.

6.-Blowey R, Edmonson P. El control de la mastitis bovina en granjas de ganado de leche. Guía práctica e ilustrada. Editorial Acribia, Zaragoza España. 1999.

7.-Cervantes E F, Santoyo C H, Alvares M A . Lecheria familiar, factores de éxito para el negocio; 1ra ed UACh / CIESTAAM-PIAT, plaza yvaldes .Mex D F 230 p p.

8.-Hernández A.L.; Diagnóstico bacteriológico de mastitis bovina, V Congreso Nacional de Control de Mastitis, Calidad de la leche y producción láctea, Aguascalientes, Ags. México, 29-31 mayo 2003.

9.-Philpot N.W; Agentes etiológicos de la mastitis y métodos de control; V Congreso Nacional de Control de Mastitis, Calidad de la leche y producción láctea, Aguascalientes, Ags. México, 29-31 mayo 2003.

10.-Sviland, S. y Waage, S. 2002. Clinical bovine mastitis in Norway, Preventive Veterinary Medicine. 54: 65-78.

11.-Reza G.L.C.; Mastitis bovina su reconocimiento clínico, programas de prevención y su terapia con antimastiticos a base de cefapirinas. V Congreso Nacional de Control de Mastitis, Calidad de la leche y producción láctea, Aguascalientes, Ags. México, 29-31 mayo 2003.

12.-Chávez E, Rojas JA, Rivera P, Hernández F. Prevalencia de cepas de *Staphylococcus* productoras de biopelículas y con receptores FC aislados de muestras clínicas y de individuos sanos. Rev Costa Ric Cienc Med 2000; 21:51-56.

13.-DeGraves, F., J. Fetrow. 1993. Economics of mastitis and mastitis control. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 9: 421-434.

14.-Donado GMP, Waltner-Toews D, Staemp! Y H, Liseemore K. Prevalence of subclinical mastitis in a tropical area of Colombia. XVII World Buiatrics Congres. St Paul, Minnesota, USA. 1992.

15.-Faría RJF, Valero-Leal K, D´Pool G, García UA, Allara CM. Sensibilidad a los agentes antimicrobianos de algunos patógenos mastitogénicos aislados de leche de cuartos de bovinos mestizos doble prepósito. Rev Cient Univ Zulia 2005; 15:227-234.

16.-Franklin A, Horn af Rantzien M. Antimicrobial drug susceptibility of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine milk. Nord Vet Med 1983; 35:460-464.

17.-Gentilini E, Denamiel G, Llorente P, Godaly S, Rebuelto M. and Gregorio de O. Antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis in Argentina. J Dairy Sci 2000; 83:1224-1227.

18.-Gentilini E, Denamiel G, Betancor A, Rebuelto M, Rodríguez F, Torres de RA. Antimicrobial susceptibility of coagulase negative staphylococci isolated from bovine mastitis in Argentina. J Dairy Sci 2002; 85:1913-1917.

19.-Guérin-Faublée V, Tardy F, Bouveron C, Carret G. Antimicrobial susceptibility of *Streptococcus* species isolated from clinical mastitis in dairy cows. Int J Antimicrob Agents 2002; 19:219-226
20.-Martel, J. L., F. Tardy, A. Brisabois, R. Lailler, M. Coudert, E. ChaslusdanclA. 2000. The French antibiotic resistance monitoring programmes. Int. J. Antimicrob. Agents 14: 275-283.
21.-Martin WS, Meek AH, Willeberg P. Veterinary Epidemiology. Principles and Methods.1a Edition. Iowa State University press/ Ames 1987.p.130-39.
22.-Mella MS, Sepúlveda AM, Bello TH, Dominguez YM, González RG, Zemelman R. Cloxacilin and vancomycin bacterial action against oxacilin-susceptible *Staphylococcus aureus*. Ver méd Chile 2001; 129:224-226.
23.-Miller G, Bartlett P. Economic effects of mastitis prevention strategies for dairy producers. J Am Vet Med Associ 2004; 198:227-231.
24.-National Committee for Clinical Laboratory Standard (NCCLS). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard M7- A6. 6th edition. Vol. 23. Wayne PA; 2003.
25.-National Mastitis Council. Laboraotry handbook on bovine mastitis. Second printing. Verona, USA. 2005.
26.-Philpot N, Nickerson S. Ganando la lucha contra las mastitis. Naperville, USA. 2000.
27.-Radostits OM, Gay CC, Blood CD, Hincncliff KW. Medicina Veterinaria 9ª Edición. Ed. McGraw-Hill-Interamericana S.A. Madrid, España; 2002. p. 711-79.
28.-Ramírez N, Gaviria G; Arroyave O; Sierra B, Benjumea E J. Prevalencia de mastitis en vacas lecheras lactantes en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Rev Colomb Cienc Pecu 2001; 4:76-87.
29.-Ruegg LP. Calidad de leche y manejo sanitario de la vaca seca, University of Wisconsin, Madison. 2004.
30.-Sandholm M, Honkanen-busalski T, Kaartinen L, Pyörälä S. 1995. The bovine udder and mastitis. Faculty of Veterinary Medicine. University of Helsinki. Helsinki. 1995.
31.-San Martin B, Kruze J, Morales MA, Agüero H, Leon B, Espinosa S, Iragüen D, Puga M y Borie C. Resistenciabacteriana en cepas patógenas aisladas de mastitis en vacas lecheras de la V Región, Región Metropolitana y Xª Región, Chile. Arch Med Vet 2002; 34:221-34.
32.-Saran A, Chaffer M. Mastitis y calidad de leche. Editorial Inter.-médica. Buenos Aires, Argentina. 2000.
33.-Thrusfield Epidemiología veterinaria. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1990.
34.-Tikofsky LL, Barlow JW, Santisteban C, Schukken YH.A comparison of antimicrobial susceptibility patterns for *Staphylococcus aureus* in organic and conventional dairy herds. Microb Drug Resist 2003; 9:39-45.
35.-Timms LL, Shultz LH. Dynamics and signicance of coagulasenegative intramammary infections J Dairy Sci 1997; 70:2648-2657
36.-Watts, J. L., S. A. Salmon, R. S. Yancey, S. C. Nickerson, L. J. Weaver, C. Hoemberg, J. W. Pankey, L. K. Fox. 1995. Antimicrobial susceptibility of microorganisms isolated from the mammary glands of dairy heifers. *J. Dairy Sci*. 78: 1637-1648.
37.-Watts J. L., S. A. Salmon. 1997. Activity of selected antimicrobial agents against strains of Staphylococcus aureus isolated from bovine intramammary infections that produce betalactamase. *J. Dairy Sci*. 80: 788-791.
38.- Wiggins S, Rascon R T , Ramirez G M , Ramirez V E J , Ortiz O G,Piña C B et al., Retornos a la producion lecherade en pequeña escala en la zona central de Mexico la lechería como empresa. Serie cuadernos de investigación . Cuarta Epoca 19 Toluca México. UAEM pp 20-33.
39.-Wilson DJ, González RN, Das HH. Bovine mastitis pathogens in New York and Pennsylvania: Prevalence and effects on somatic cell count and milk production. J Dairy Sci 1997; 80: 2592–2598

INVESTIGACIÓN DE LOS AGENTES INFECCIOSOS COMUNEMENETE REALCIONADOS CON QUERATOCONJUNTIVITIS BOVINA

Sagrera-Cozar, M.[1] Baratelli, M.[1]; Casademunt Garre, S.[1]; Hernandez, A.[1*]

Resumen

El presente estudio pretende investigar mediante PCR la epidemiología de los agentes infecciosos comúnmente asociados a queratoconjuntivitis infecciosa bovina (QIB) y poder identificar las poblaciones de animales más idóneas para efectuar un diagnóstico de rebaño. Un total de 13 rebaños lecheros diferentes de España fueron reclutados en el estudio y la presencia de los patógenos mayoritariamente asociados a la QIB se investigaron en bovinos de 0-3 meses (n= 13) y 4-6 meses (n=13) de edad sanos. Lo resultados mostraron la presencia de *Moraxella bovis* (84.61 %), *Moraxella bovoculi* (42.31 %) y *Mesomycoplasma bovoculi* (100 %). A pesar de que entre las dos cohortes de diferentes edades no hubiese diferencia en porcentaje de animales positivos, los niveles de concentración de la PCR indicaban que los animales de 0-3 meses tenían una cantidad relativa mayor de *M. bovis* comparado con los animales más adultos. Estos resultados sugieren que por un lado los animales jóvenes son portadores sanos de estos patógenos y por el otro lado que son una población en los rebaños donde se detecta más *M. bovis*. La información generada es útil para poder optimizar la detección a nivel de rebaño de los patógenos asociados a QIB.

Introducción

La QIB es una enfermedad bovina conocida desde hace mucho tiempo en todo el mundo; sin embargo, la información disponible acerca de los agentes infecciosos implicados en la enfermedad y su epidemiología es limitada. Esta información es fundamental para crear planes de control y prevención en los rebaños. El presente estudio pretende investigar mediante PCR la epidemiología de los agentes infecciosos comúnmente asociados a queratoconjuntivitis y poder identificar las poblaciones de animales más idóneas para efectuar un diagnóstico de rebaño.

Materiales y métodos

El estudio reclutó un total de 13 rebaños lecheros ubicados en Catalunya (España) durante el periodo de verano-otoño 2022. En base a los registros históricos de los rebaños, 7 de estos habían presentado previamente casos de QIB y 6 no. Se muestrearon dos cohortes diferentes de bovinos: los que tenían una edad entre 0 y 3 meses (Edad 1) y los que tenían una edad entre 4 y 6 meses (Edad 2). Se recogieron hisopos oculares de 3-4 animales en pool por cada cohorte. Las muestras se agruparon (en función de la edad y del rebaño) y se analizaron mediante PCR para detectar la presencia de *Moraxella bovis, Moraxella bovoculi, Moraxella ovis, Mycoplasmopsis bovis, Mesomycoplasma bovoculi, Mesomycoplasma conjunctivae, Chlamydiaceae* (todas las especies) e IBR. Los resultados se muestran como positividad o Ct. Esta última es una medición relativa e indirectamente proporcional de la concentración del objetivo en la reacción de PCR. La normalidad de los datos se probó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables continuas se probaron con las pruebas T de Student, mientras que las proporciones se probaron con Chi-cuadrado en GraphPad Prism. El nivel de significancia se fijó en 5%.

Resultados

* *Presentador: Ariel Hernandez. Montemorelos 3851-A, Colonia Loma Bonita Zapopan, Jalisco, CP 45086. ariel.hernandez@hipra.com , +52 3338084195.
[1] HIPRA, Amer (Girona), España

Las muestras recogidas en pools (n=26) eran positivas a *M. bovis* (84.61 %), *M. bovoculi* (42.31 %) y *Mesomycoplasma bovoculi* (100 %) mientras que eran negativas al resto de patógenos probados. A continuación, las muestras se estratificaron en base a la categoría de edad. Los porcentajes de positividad (Tabla 1) entre las diferentes categorías de edad eran similares y no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre ellas (Chi cuadrado, p>0,05).

Tabla 1. Porcentaje de pools positivas.

	Edad 1: 0-3 meses (n=13)	Edad 2: 4-6 meses (n=13)
Moraxella bovis	84,64 %	84,64 %
Moraxella bovoculi	38,46 %	46,15 %
Mesomycoplasma bovoculi	100 %	100 %

Los valores cuantitativos de la PCR (Ct) de las muestras positivas se estratificaron también por categoría de edad (Fig. 1). Los resultados muestran que en el caso de M. bovis la edad 0-3 meses presenta una cantidad mayor del patógeno (Ct) comparado con la edad más avanzada.

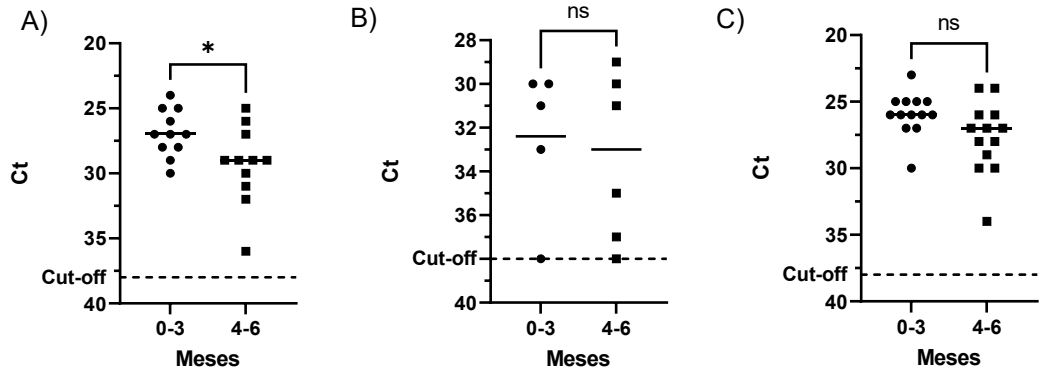


Figura 1. Resultados de la PCR de A) Moraxella bovis, B) Moraxella bovoculi, C) Mesomycoplasma bovoculi. Los datos se presentan como numero de Ct por cada muestra resultada positiva. Los negativos no están incluidos en la gráfica. El asterisco indica una diferencia estadísticamente significativa (Student's T test, p<0,05). Edad 1: 0-3 meses; Edad 2: 4-6 meses.

Discusión y conclusiones

Los resultados demuestran que *Moraxella bovis, Moraxella bovoculi* y *Mesomycoplasma bovoculi* se detectan mediante PCR desde edades tempranas (0-3 meses); estos resultados están en línea con publicaciones previas de otros autores [Schnee et al. 2015]. Notablemente, los terneros en esa edad mostraron un nivel de Ct menor (mayor carga bacteriana) que los animales a una edad más adulta, en el caso de *M. bovis*. Se desconoce la razón de esta diferencia entre edades y serán necesarios futuros estudios para entender la causa y sus implicaciones en la patogénesis de la QIB; a pesar de esto, este dato sugiere que la toma de muestras de terneros en edades entre 0 y 3 meses permite aumentar la detectabilidad de la enfermedad en el rebaño ya que esta población de animales (0-3 meses) tiene una mayor carga bacteriana. Finalmente, durante el estudio se muestrearon animales aparentemente sanos y la detección de estos patógenos evidencia que hay animales que pueden ser portadores sin síntomas clínicos de enfermedad. Esta característica fue previamente encontrada también por otros autores [Schnee et al. 2015].

Literatura citada

Schnee C, Heller M, Schubert E, Sachse K. Point prevalence of infection with Mycoplasma bovoculi and Moraxella spp. in cattle at different stages of infectious bovine keratoconjunctivitis. Vet J. 2015 Jan;203(1):92-6. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.11.009. Epub 2014 Nov 20. PMID: 25475168.

EVALUACIÓN DE ENRO-C, DMSO Y POLI-D-GLUCOSAMINA EN MASTITIS BOVINA POR *Staphylococcus aureus* FORMADOR DE BIOPELÍCULA

Córdova G.D.[*1], Sumano L.H.S.[1], Alfonseca S.E.[1], Gutiérrez O.L.[1], Posadas M.E.[1], Flores P.A.[2]

Resumen

La mastitis bovina es la enfermedad económicamente más significativa en la industria láctea. Los signos clínicos sugerentes como inflamación severa de la ubre, se acompañan de un aumento en el conteo de células somáticas en la leche y cuando el desarrollo y persistencia de la inflamación se continúa con la presencia de tejido de granulación, se considera un cuadro crónico, al cual se asocian bacterias del género *Staphylococcus* productor de biopelícula. No se recomienda el tratamiento de los casos crónicos de mastitis bovina. Sin embargo, se postula en este estudio que vehículos como el sulfóxido de dimetilo y la poli-D-glucosamina en una fórmula con enrofloxacina $HCl{\cdot}2H_2O$ (Enro-C), pueden favorecer la eficacia clínica y la cura bacteriológica en casos crónicos causados por *Staphylococcus* spp. productores de biopelícula. Para ello se postula un tratamiento largo de 8 días consecutivos. De los aislamientos bacterianos obtenidos de los casos crónicos de mastitis bovina incluidos en el estudio, 57% pertenecen a *Staphylococcus* spp, 25% a *Streptococcus* spp, 8% a una infección mixta y 10% no mostraron crecimiento bacteriano. La caracterización fenotípica de producción de biopelícula arrojó que el 100% de los *S. aureus* la produjeron, mientras que del total de *Staphylococcus* spp coagulasa (-) aislados, 77% lo hicieron. El 86% de los *S. aureus* aislados presentaron los genes *ica*A e *ica*D asociados a producción de biopelícula, mientras que el 23% de *Staphylococcus* spp coagulasa (-) presentaron dichos genes. Se observó una eficacia clínica del 100% en los cuartos tratados con un preparado de Enro-C + DMSO + poli-D-glucosamina con 80% de eficacia bacteriológica. En los cuartos tratados con Enro-C/DMSO, se logró cura clínica en el 41.7% de los casos y 25% de éxito en cura bacteriológica. En el 20.8% no se mejoraron las características organolépticas de la leche, pero si hubo cura bacteriológica total y en el 12.5% de las muestras restantes hubo cura clínica con disminución en el número de Unidades Formadoras de Colonias comparado con lo observado en el primo-aislamiento. Los resultados permiten postular al preparado en ensayo como una alternativa eficaz en el tratamiento de mastitis crónicas por *Staphylococcus* spp productor de biopelícula, aunque es necesario que se realicen estudios más robustos en cuanto al tamaño de muestra seleccionado.

Introducción

La mastitis bovina es la afectación económicamente más significativa para la industria láctea bovina (Kalińska *et al.,* 2018). Esta enfermedad contempla costos erogados por concepto de reducción, descarte y disminución de la calidad de la leche de animales enfermos, atención médica, tratamientos, recaídas y sacrificio prematuro de la vaca (Aghamohammadi *et al.,* 2018). La mastitis clínica se manifiesta por signos evidentes como inflamación de la ubre acompañada de un aumento del conteo de células somáticas en la leche y cambios en las características de ésta. Cuando los episodios de mastitis cínica se repiten y la respuesta inflamatoria persiste, se puede desarrollar tejido de granulación. A menudo esto desemboca en un caso de mastitis crónica (Ramírez, 2001). En estos casos hay un recuento superior a 200 000 células somáticas/mL (y a menudo mucho más) durante más de dos meses consecutivos. También se considera mastitis crónica si se repiten tres o más episodios de mastitis clínica en el mismo cuarto mamario durante la lactancia en curso (Kampa *et al.,* 2010; Cardozo *et al.,* 2015).

* [1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Coyoacán, Ciudad de México.
[2]Clínica Particular Veterinaria Acatepec. San Andrés Cholula, Puebla.
*Córdova González Diana. Primera Cerrada de Toltecas Manzana 9 Lote 160B, Barrio Santa Bárbara, Alcaldía Iztapalapa, CP. 09000. cordovagonzalezdiana@gmail.com Cel. 5567990500.

En particular, los *Staphylococcus* coagulasa negativos (SCN) pueden inducir una fuerte inflamación y persistir más tiempo en la glándula mamaria siendo de los microorganismos mejor adaptados para colonizar la ubre bovina *S. chromogenes*, *S. epidermidis*, *S. haemolyticus, S. xylosus* y *S. simulans* (Piessens *et al.,* 2012). El *S. aureus* es un agente coagulasa positivo de gran preocupación a nivel mundial que se encuentra presente en el 25.4% de las muestras de leche (Gussmanna *et al.,* 2019). Uno de los factores de virulencia del género *Staphylococcus* asociado a la presentación de infecciones intramamarias crónicas es la producción de biopelícula (*biofilm*). Esta estructura es una matriz de polisacáridos extracelulares en la que se aglomeran microorganismos en comunidades tridimensionales adheribles al epitelio glandular mamario (aunque también lo hacen en materiales inertes). La biopelícula proporciona a la bacteria mayor resistencia a antimicrobianos, permite evadir al sistema inmune del hospedero y modifica los patrones de crecimiento bacteriano. Cuando en la biopelícula se alcanza una masa crítica, se desprenden algunas bacterias quienes migran para colonizar otros sitios (Pasachova *et al.,* 2019; Bohl *et al.,* 2021).

Es evidente que en casos de mastitis es indispensable el diagnóstico bacteriológico para orientar el tratamiento. En el caso de *Staphylococcus* se realiza a través de un cultivo microbiológico selectivo y pruebas específicas como catalasa, hemólisis, coagulasa, fermentación de carbohidratos y crecimiento en agar P (Aguilar *et al.,* 2014). Para identificar las cepas capaces de producir biopelícula en infecciones persistentes se pueden realizar técnicas como el crecimiento en Agar Rojo Congo (Atshan y Shamsudin, 2011) y la formación de biopelícula en placa (Christensen *et al.,* 1982). Adicionalmente, se pueden realizar técnicas moleculares como la PCR para identificación de genes asociados a biopelícula (Hortaç et al., 2020).

En la literatura formal no se recomienda tratar casos crónicos de mastitis dado que los porcentajes de éxito clínico y sobre todo bacteriológico son muy bajos y el riesgo de contagio horizontal es elevado (Rosyter y Wagner, 2015). No obstante, para muchos productores es difícil deshacerse de vacas de alta estima. En ese sentido es que destaca que se ha empleado enrofloxacina $HCl{\cdot}2H_2O$ (Enro-C) más ceftiofur por 8 días consecutivos como opción pertinente (Alfonseca-Silva *et al.,* 2021). Es claro que la vía de administración intramamaria de 300 mg de Enro-C logra altas concentraciones del antimicrobiano en la glándula, tiene poca o nula absorción, reduce la dosis total utilizada y evita efectos adversos sistémicos, generando una importante eficacia clínica y bacteriológica (Martínez-Cortés *et al.,* 2016; Bhattarai *et al.,* 2021; Alfonseca-Silva *et al.,* 2021). Sin embargo, la en el caso que nos ocupa de mastitis crónica se deben ponderar otros factores como la resistencia a la enrofloxacina y la existencia de una patología con biopelícula pues se afecta la penetración del antimicrobiano y no hay contacto de agente etiológico con antibacteriano. Por ello se estudian vehículos farmacéuticos que destruyan la biopelícula sin afectar el tejido glandular. Esto es, que permitan aumentar la eficacia del principio activo (Enro-C en este caso) al facilitar su difusión y penetración de la biopelícula (Babra *et al.,* 2013). En este ensayo se ha tomado como hipótesis de trabajo la combinación de una antibacteriano (300 mg de Enro-C en este caso) (Patente UNAM 472715 - INPI, México) combinada con agentes anti-biopelícula para mejorar la tasa de eficacia en la cura clínica y bacteriológica en casos en los que se ha demostrado la presencia de *Staphylococcus* productor de biopelícula (Skogman *et al.,* 2012). Vale la pena destacar que la Enro-C es un solvato más hidrosoluble que la enrofloxacina base, no irrita el tejido glandular mamario y logra concentraciones elevadas produciendo alta eficacia contra el género *Staphylococcus* (Miranda-Calderón *et al.,* 2014; Martínez-Cortés *et al.,* 2016; Viveros *et al.,* 2018). Como agentes anti-biopelícula se ha sugerido el uso asociado de sulfóxido de dimetilo (DMSO), que además es un buen diluyente de fármacos y tiene actividad antimicrobiana, así como aceptable inocuidad celular (Hebling *et al.,* 2015; Yahya, y Karsani, 2018; Deutch, 2019). Adicionalmente se incorporó poli-D-glucosamina de bajo peso molecular. Este polímero es biocompatible, biodegradable, no tóxico, reduce biopelículas preformadas y limita la adhesión de patógenos a los epitelios, incluyendo el mamario (Silva-Dias *et al.,* 2014). Se postula como tratamiento un esquema de 8 días con el preparado dicho y se comparó con la eficacia lograda en ambos criterios de curación al preparado comercial de Enro-C sola por el mismo número de días de tratamiento.

Material y Métodos

Este proyecto de investigación se llevó a cabo con base en los lineamientos éticos y humanitarios que rigen la experimentación con animales, cumpliendo con los aspectos relativos a su cuidado, manejo y uso establecidos por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El estudio se realizó durante octubre de 2022 en la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina, en el municipio de San Gregorio Atzompa, en el estado de Puebla. Se seleccionaron un total de 15 bovinos de la raza Holstein/Friesian en producción de 2° y 3° parto y cuyo proceso inflamatorio se caracterizó como crónico clínicamente y que no hubieran recibido tratamiento alguno 10 días previos a la inclusión en este ensayo (Kampa *et al.,* 2010; Cardozo *et al.,* 2015). A todos los animales se les realizó una evaluación física general y de las glándulas mamarias. Esto es, prueba de tazón de fondo oscuro y estimación de células somáticas a través de la prueba de California, considerando incluir a los animales con un conteo de células somáticas superior a las 200,000/mL (Pampariene *et al.,* 2016). Se colectaron 20 mL de leche directamente de cada cuarto de las vacas seleccionadas en tubos cónicos de 50 ml estériles debidamente identificados y conservados a 4° C para su transporte al Laboratorio de Microbiología Veterinaria del Departamento de Microbiología e Inmunología de la FMVZ- UNAM. Las muestras se procesaron el mismo día de su recolección y se preservó en congelación (-20º C) durante el tiempo de desarrollo del diagnóstico bacteriológico, el cual consistió en un primo aislamiento cuantitativo en Agar Sangre y Agar Manitol y Sal. Para la identificación se realizó tinción Gram, prueba Catalasa, prueba Coagulasa, Factor de agregación celular, Manitol anaerobio y crecimiento en agar P (Aguilar *et al.,* 2014). Para las bacterias con morfología macroscópica diferente a *Staphylococcus*, se realizó tinción Gram, catalasa y la prueba de CAMP-Esculina, con el fin de determinar si las colonias pertenecen a *S. agalactiae, S. dysgalactiae* o *S. uberis* (Aguilar *et al.,* 2014).

Para la determinación fenotípica de producción de biopelícula en las cepas aisladas, se empleó la técnica de Agar Rojo Congo modificado (fórmula propuesta por Atshan y Shamsudin, 2011) para clasificarlas en productoras y no productoras de biopelícula y la técnica de micro-titulación de biopelícula en placa, con base en lo descrito por Peña y Uffo (2013), para clasificarlas con base en la densidad óptica obtenida como bajas, moderadas, altas y no productoras de biopelícula. La identificación de los genes *ica*A e *ica*D, que son fundamentales para la síntesis de biopelícula, en las cepas aisladas se realizó mediante una PCR multiplex.

Para la fase clínica del estudio, al total de animales seleccionados les fueron asignados los tratamientos de manera aleatoria, habiéndose asignado números corridos y respetando lo más posible los bloques de características de biopelícula. El grupo control fue tratado con Enro-C/DMSO y el grupo experimental con Enro-C/DMSO/poli-D-glucosamina. El tratamiento en ambos grupos duró 8 días consecutivos, se administró dos veces por día y por vía intramamaria. Durante el tratamiento se realizó la evaluación clínica diaria de la conformación de la ubre, las características organolépticas de la leche y se realizaron pruebas de California para determinar si los casos se agravaron o se percibía una tendencia a mejorar. Para la eficacia clínica se contemplaron los criterios: leche sin alteraciones organolépticas, glándula sin dolor ni inflamación y prueba de California con calificación cero (sin datos de inflamación) (Bedolla *et al.,* 2007; Pampariene *et al.,* 2016). La eficacia bacteriológica se evaluó repitiendo las técnicas de aislamiento e identificación del agente causal, verificando ausencia o disminución del número de UFC/mL de leche obtenida como muestra. Por cuestiones propias del manejo zootécnico de los establos, se realizó la valoración final de la eficacia clínica y bacteriológica del tratamiento 10 días después de la primera aplicación del preparado.

El análisis estadístico se realizó con el paquete IBM ® SPSS ® *Statistics* Versión 25 Edición de 64 bits, 2017. Se consideró como unidad de observación a las glándulas mamarias funcionales que presentaron inflamación crónica con base en los criterios de inclusión establecidos. Para el grupo experimental se incluyeron 20 glándulas mamarias y para el grupo control se incluyeron 24 glándulas mamarias. Se consideraron dos variables dicotómicas de respuesta, la eficacia clínica en la glándula mamaria (con dos valores 1 = cura clínica y 0 = falla clínica) y la eficacia bacteriológica de la muestra

de leche obtenida (con dos valores 1 = cura bacteriológica y 0 = falla bacteriológica). Se realizó un análisis de concordancia empleando el coeficiente de contingencia para verificar si en la respuesta del tratamiento en el conjunto de datos total y entre cada uno de los preparados empleados existe concordancia entre la cura clínica y la cura bacteriológica, así como entre la falla clínica y la falla bacteriológica. Para determinar la eficacia clínica y bacteriológica se consideraron como variables el preparado intramamario administrado y la respuesta clínica y bacteriológica obtenida en cada grupo, por lo que para establecer la significancia estadística de los resultados se empleó una Xi cuadrada de Pearson y en aquellos grupos donde n < 5 se consideró la razón de verosimilitud, con una p < 0.05 para considerar que existen diferencias significativas entre los grupos.

Respecto a la valoración del efecto del fármaco sobre el agente etiológico causal de la mastitis con base en su capacidad de producción de biopelícula, se consideraron como variables el preparado intramamario administrado, la clasificación de la cepa aislada con base en su capacidad de producir biopelícula y la respuesta bacteriológica registrada, por lo que para establecer la significancia estadística de los resultados se empleó una Xi cuadrada de Pearson y en aquellos grupos donde η < 5 se consideró la razón de verosimilitud, con una P < 0.05 para considerar que existen diferencias significativas entre los grupos.

Resultados

• *Evaluación clínica de la ubre y prueba de California*

De los 15 bovinos lecheros que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para caracterizar el proceso inflamatorio como crónico, 13 presentaron todos los cuartos funcionales y 2 presentaron 1 cuarto ciego. Se evaluaron todos los cuartos mamarios funcionales (58 en total) a través de la prueba de California, con la cual se estableció que 15% (9/58) se clasificaron como Negativo, 21% (12/58) se clasificaron como Trazas, 7% (4/58) se clasificaron como Grado 1, 19% (11/58) se clasificaron como Grado 2 y 38% (22/58) se clasificaron como Grado 3.

• *Identificación bacteriológica por género y especie*

Con base en las pruebas realizadas a las 49 muestras procesadas, 57% (28/49) pertenecen al género *Staphylococcus*, 25% (12/49) pertenecen al género *Streptococcus*, 8% de las muestras (4/49) presentaron una infección mixta (*Staphylococcus* coagulasa (-) con *Streptococcus agalactiae*) y el 10% de las muestras procesadas (5/49) no mostraron crecimiento bacteriano. De las 28 muestras en las que se identificaron bacterias del género *Staphylococcus*, 50% (14/28) fueron positivas a *S. aureus*, 46% (13/28) corresponden a *Staphylococcus* spp. coagulasa (-) y 4% (1/28) se identificó a *S. pseudointermedius*, mientras que de las 12 muestras en las que se identificaron bacterias del género *Streptococcus*, 66% (8/12) fueron positivas a *S. uberis* y 34% (4/12) corresponden a *S. agalactiae*.

• *Determinación fenotípica cualitativa de las cepas productoras de biopelícula.*

De acuerdo con lo obtenido en esta prueba, el 100% (14/14) de las cepas de *S. aureus* se clasificaron como productoras de biopelícula, mientras que de las 13 muestras que pertenecen a *Staphylococcus* spp *coagulasa* (-), el 77% (10/13) se clasificaron como productoras de biopelícula y el 23% (3/13) como no productoras de biopelícula, mientras que la cepa identificada como *S. pseudointermedius* se clasificó como no productora. Además, de las 8 cepas que se identificaron como *S. uberis*, el 37.5% (3/8) se clasificaron como productoras de biopelícula y el 62.5% (5/8) como no productoras de biopelícula, mientras que el 100% (4/4) de las cepas identificadas como *S. agalactiae* fueron productoras de biopelícula.

• *Determinación fenotípica cuantitativa de las cepas productoras de biopelícula.*

La técnica de formación de biopelícula en placa modificada se realizó sólo en las cepas del género *Staphylococcus*. De las 14 muestras positivas a *S. aureus,* 7.14% (1/14) se consideró como no productora, 50% (7/14) se consideraron como bajas productoras, 21.42% (3/14) como moderadas productoras y 21.42% (3/14) como altas productoras; mientras que de las 11 muestras positivas a *Staphylococcus* spp coagulasa (-) el 63.63% (7/13) se consideraron como no productoras, 18.18%

(2/13) como bajas productoras, 9.09% (2/13) como moderada productora y 9.09% (2/13) como alta productora, mientras que la cepa de *S. pseudointermedius* se consideró como no productora de biopelícula.

- *Identificación genotípica de las cepas productoras de biopelícula.*

De acuerdo con lo obtenido por PCR, de las 14 muestras de *S. aureus*, el 86% (12/14) presentaron ambos genes (*ica*A e *ica*D) mientras que el 14% restante (2/14) no los presentaron. Por el contrario, de las 13 muestras que pertenecen a *Staphylococcus* spp. coagulasa (-), el 77% (10/13) no presentaron los genes y solo el 23% (3/13) presentó ambos genes. *S. pseudointermedius* resultó negativo a ambos genes.

- *Evaluación in vivo del efecto microbicida del preparado Enro-C/DMSO/poli-D-glucosamina sobre S. aureus productor de biopelícula.*

Al cumplirse diez días de la primera aplicación del producto se evaluaron las glándulas mamarias tratadas para determinar la eficacia clínica lograda, así como la eficacia bacteriológica obtenida con los preparados administrados.

De manera general se puede decir que en ambos tratamientos se observó una mejora de las características organolépticas de la leche. Las muestras de leche de todos los cuartos tratados con el preparado experimental se observaron blancas y sin tolondrones (eficacia clínica del 100%), aunque solo en el 80% de estas hubo eficacia bacteriológica. Por otro lado, de los 24 cuartos tratados con el preparado control, en el 41.7% de las muestras se logró cura clínica y bacteriológica, el 25% de las muestras presentaron falla clínica y bacteriológica, en el 20.8% no se mejoraron las características organolépticas de la leche, pero si hubo cura bacteriológica total y en el 12.5% de las muestras restantes hubo cura clínica con disminución en el número de Unidades Formadoras de Colonias comparado con lo observado en los primo-aislamientos realizados ($p > 0.05$) (Véase Cuadro 1). Los resultados observados no son estadísticamente significativos, por lo que se realizó una simulación con base en los porcentajes de eficacia obtenidos para determinar la cantidad de cuartos mamarios necesarios para obtener significancia estadística. Se requiere un mínimo total de 30 glándulas mamarias por cada tratamiento empleado para obtener diferencias significativas.

Referente a la eficacia bacteriológica de los preparados con base en la capacidad de producción de biopelícula por parte de las bacterias aisladas se observó que en los aislamientos positivos a *Streptococcus* spp y *Staphylococcus* spp moderado productor de biopelícula la cura bacteriológica es una constante, teniendo un mejor porcentaje de eficacia en el caso de *Streptococcus* spp con el preparado control y un mejor porcentaje de eficacia en el caso de *Staphylococcus* spp moderado productor de biopelícula con el preparado experimental. En los aislamientos positivos a *Staphylococcus* spp bajo productor de biopelícula se observó un 22.2% de cura bacteriológica en el preparado experimental, 33.3% de cura bacteriológica en el preparado control, hubo falla bacteriológica del 44.4% en el preparado control ($p > 0.05$). Para los aislamientos positivos a *Staphylococcus* spp alto productor de biopelícula la eficacia bacteriológica del preparado experimental fue superior (40%) en comparación con el preparado control (20%), sin embargo, en el caso de la falla bacteriológica se obtuvo el mismo porcentaje en ambos tratamientos (20%) ($p > 0.05$). En el caso de las infecciones mixtas que se registraron en el estudio la falla bacteriológica se presentó en los casos tratados con el preparado experimental (50%), mientras que la eficacia bacteriológica fue del 25% en ambos tratamientos aplicados ($p > 0.05$) (Véase Cuadro 2). Los resultados observados no son estadísticamente significativos, por lo que se realizó una simulación con base en los porcentajes de eficacia obtenidos para determinar la cantidad de cuartos mamarios necesarios para obtener significancia estadística. Se requiere un mínimo total de 20 glándulas mamarias por cada factor de agente etiológico causal de la mastitis con base en su capacidad de producción de biopelícula para lograr la obtención de diferencias significativas.

Cuadro 1.
Eficacia clínica y bacteriológica del preparado Enro-C/DMSO/ poli-D-glucosamina en comparación con Enro-C/DMSO para casos de mastitis bovina crónica en Chipilo, Puebla.

	Eficacia	Cura bacteriológica	Falla bacteriológica	Total
Enro-C/DMSO/ poli-D-glucosamina [(a)]	**Cura clínica**	80%	20%	100% (20 GM)
Enro-C/DMSO [(b)]	**Cura clínica**	41.7%	12.5%	100% (24 GM)
	Falla clínica	20.8%	25%	

(a) No se calcularon estadísticos porque Cura clínica es una constante; (b) Chi cuadrado de Pearson p = 0.113 (b) Razón de verosimilitud p = 0.110; Coeficiente de contingencia 0.302

Cuadro 2.
Eficacia del preparado Enro-C/DMSO/ poli-D-glucosamina en comparación con Enro-C/DMSO sobre bacterias productoras y no productoras de biopelícula obtenidas de casos de mastitis bovina crónica en Chipilo, Puebla.

Bacteria aislada	Eficacia bacteriológica	Preparado		Total
		Enro-C/DMSO/ poli-D-glucosamina	Enro-C/DMSO	
Streptococcus **[(a)]**	**Cura**	41.7%	58.3%	100% (12 GM)
Staphylococcus **no productor de biopelícula [(b)]**	**Cura**	33.3%	11.1%	100% (9 GM)
	Falla	11.1%	44.4%	
Staphylococcus **bajo productor de biopelícula [(c)]**	**Cura**	22.2%	33.3%	100% (9 GM)
	Falla	0.0%	44.4%	
Staphylococcus **moderado productor de biopelícula [(a)]**	**Cura**	60.0%	40.0%	100% (5 GM)
Staphylococcus **alto productor de biopelícula [(d)]**	**Cura**	40.0%	20.0%	100% (5 GM)
	Falla	20.0%	20.0%	
Infección mixta [(e)]	**Cura**	25.0%	25.0%	100% (4 GM)
	Falla	50.0%	0.0%	
Total [(f)]	**Cura**	36.4%	34.1%	100% (44 GM)
	Falla	9.1%	20.5%	

(a) No se calcularon estadísticos porque Cura bacteriológica es una constante; (b) Chi cuadrado de Pearson p = 0.099 **Razón de verosimilitud p = 0.091; (c) Chi cuadrado de Pearson p = 0.151 **Razón de verosimilitud p = 0.094; (d) Chi cuadrado de Pearson p = 0.709 **Razón de verosimilitud p = 0.710; (e) Chi cuadrado de Pearson p = 0.248 **Razón de verosimilitud p = 0.189; (f) Chi cuadrado de Pearson p = 0.205 **Razón de verosimilitud p = 0.200

Discusión y Conclusiones

Las repercusiones económicas de la infecciones intramamarias en la industria lechera son considerables y es de suma importancia que día con día se estudien diversas opciones de tratamiento que estén encaminadas no solo a lograr mejora clínica de los animales que cursan con cuadros de mastitis clínica, sino que también que permitan la eliminación de los agentes etiológicos causales de procesos inflamatorios crónicos y a menudo subclínicos en los que se merma la calidad de la leche obtenida y se disminuye la productividad del hato. Alfonseca-Silva *et al.* (2021), realizaron un estudio sobre el tratamiento de mastitis subclínica recurrente por bacterias resistentes a fluoroquinolonas y en él se determinó que dentro de los agentes etiológicos involucrados los *Staphylococcus aureus* representaron el 27.6% y los *Staphylococcus* spp coagulasa (-) el 55.2%. Asimismo, el *Streptococcus uberis* fue del 6.9%. Estas cifras son muy parecidas a lo obtenido en este ensayo (57% por el género *Staphylococcus* y 25% por el género *Streptococcus).* No obstante, en nuestro estudio la proporción de etiologías causales fue casi igual entre *S. aureus* y

Staphylococcus coagulasa (-) (50% y 46%, respectivamente). Del total de aislamientos positivos a *Streptococcus,* la proporción de *Streptococcus uberis* (66%) fue mayor a lo reportado en el estudio referido.

Por otro lado, con base en lo reportado por Ortega *et al.* (2020) es factible asumir que los agentes etiológicos involucrados en la presentación de mastitis en vacas secas y dentro de los primeros días del postparto indican que los aislamientos tienen la siguiente distribución: *S. aureus* (62,71% y 35,55%), *Staphylococcus* spp. (22,03% y 35,55%), *Streptococcus uberis* (10,16% y 13,33%) y *Escherichia coli* (5,08% y 15,55%). Estos valores son similares a los obtenidos en los casos de mastitis crónica reportados en este trabajo. Cabe destacar que aunque las mastitis en sus diferentes presentaciones son ocasionadas por géneros bacterianos ya conocidos, es imprescindible estudiar sus rasgos microbiológicos cada vez con más detalle para intentar dilucidar diferencias clínicas en cada presentación y en como dicha presentación afecta la eficacia de los tratamientos de elección.

Debido a que en países como Estados Unidos o Canadá no se recomienda el tratamiento de mastitis crónicas por su baja tasa de éxito y el alto riesgo de contagio horizontal entre los animales del hato, los estudios que se realicen deben buscar el aislamiento físico de las vacas afectadas y se debe ponderar tanto la resolución clínica como la bacteriológica. Un ejemplo a ponderar con la enro-C es la diferencia entre tratar mastitis no-complicadas con tres dosis en tres días cosecutivos de enro-C intramamaria y lograr una eficacia del 95% o más (Viveros *et al.,* 2018) y lo observado por Alfonseca-Silva *et al.* (2021) con una eficacia no mayor al 60% en casos de mastitis crónicas. Con base en estos antecedentes se puede asumir que la Enro-C resulta un excelente tratamiento y una buena elección para casos de mastitis clínica de primera y quizá segunda presentación en un ciclo de lactación. Pero en casos en los que se considere que se está enfrentando el clínico a una mastitis crónica, será mejor recurrir a un preparado que tenga elementos anti-biopelícula como el que se propone en este estudio. Más aún, se pueden hacer terapias prolongadas de 8 – 10 días siguiendo el esquema sugerido por Alfonseca-Silva *et al.* (2021). Esto es, empleando Enro-C con elementos anti-biopelícula (8 días), seguido de un tratamiento a base de ceftiofur intramamario (5 días) como terapia de rescate. Muy a menudo los productores y aún los Veterinarios en México son reacios a desechar una vaca alta productora con diagnóstico de mastitis crónica. Entonces resulta oportuno proponer que, además de aislarla del resto del hato, se someta a un esquema alternativo a base de Enro-C + elementos antibiopelícula y si se considera necesario con un rescate a base de ceftiofur como se ha comentado. Sin embargo, de lo anterior se desprende que es imprescindible contar con un apoyo completo de diagnóstico bacteriológico a fin de elegir los animales que podrán ser tratados con esquemas largos y una vez realizado el tratamiento, reincorporar al hato las vacas que lograron cura bacteriológica y no únicamente cura clínica. En ese sentido, se puntualiza que los resultados observados en el presente estudio a base de Enro-C + DMSO + poli-D-glucosamina fueron muy destacados con eficacia clínica y bacteriológica del 80%, una cifra de eficacia escasamente reportada en la literatura.

Literatura citada

Aghamohammadi M, Haine D, Kelton DF, Barkema HW, Hogeveen H, Keefe GP, Dufour S. Herd-Level Mastitis-Associated Costs on Canadian Dairy Farms. Front. Vet. Sci. [on line] 2018, 5:100-112. Disponible en: https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2018.00100

Aguilar RF, Anguiano BR, Atilano LD, Bazán ME, Castañeda RA, Castañón OLR, Chávez GG, Corona BE, De la Peña MA, Espinosa GME, Espinosa MLG, Figueroa OIM, García DGA, García OMA, Guzmán CRE, Jaramillo ML, Maldonado CE, Mena BR, Mojica SMA, Ovando FD, Rodríguez CSD, Rodríguez SMC, Rosario CC, Santillán FMA, et. al. Atlas Fotográfico de Laboratorio de Bacteriología y Micología Veterinaria. FMVZ. UNAM. 2014. ISBN 978-607-02-5587-8, Páginas 90 – 93, 168, 171, 175, 180.

Alfonseca-Silva E, Cruz-Villa JC, Gutiérrez L, Sumano H. Successful treatment of recurrent subclinical mastitis in cows caused by enrofloxacin resistant bacteria by means of the sequential intramammary infusion of enrofloxacin HCl-2H2O and ceftiofur HCl: a clinical trial. J Vet Sci. [on line] 2021, 22(6):e78. Disponible en: https://vetsci.org/DOIx.php?id=10.4142/jvs.2021.22.e78

Atshan SS, Shamsudin MN. Evaluation of phenotypic and genotypic detection methods for biofilm-forming methicillin-sensitive and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* clinical isolates. Annals of Microbiology [on line] 2011, 61:825–831. Disponible en: https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/article/10.1007%2Fs13213-011-0201-1#article-info

Babra C, Tiwari JG, Pier G, Thein TH, Sunagar R, Sundareshan S, Isloor S, Hegde NR, De Wet S, Deighton M, Gibson J, Costantino P, Wetherall J, Mukkur T. The persistence of biofilm-associated antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from clinical bovine mastitis cases in Australia. Folia Microbiologica [on line] 2013, 58:469–474. Disponible en: https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/article/10.1007%2Fs12223-013-0232-z

Bhattarai S, Perumal D, Rathbone MJ, Bunt CR, Alany RG. On the Biocompatibility and Teat Retention of In Situ Gelling Intramammary Formulations: Cattle Mastitis Prevention and Treatment. Pharmaceutics [on line] 2021, 13:10. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8539992/#

Bedolla CC, Castañeda VH, Wolter W. Métodos de detección de la mastitis bovina. Revista Electrónica Veterinaria. [on line] 2007, VIII:9. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/12-mastitis.pdf

Bohl LP, Breser PIML, Orellano MS, Correa SG, Tolosa de Talamoni NG, Porporatto C. Interaction between bovine mammary epithelial cells and planktonic or biofilm *Staphylococcus aureus*: The bacterial lifestyle determines its internalization ability and the pathogen recognition, Microbial Pathogenesis [on line] 2021, 152:104604. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401020309700

Cardozo LL, Thaler Neto A, Souza GN, Picinin LCA, Felipus NC, Reche NLM, Schmidt FA, Werncke D, Simon EE. Risk factors for the occurrence of new and chronic cases of subclinical mastitis in dairy herds in southern Brazil. Journal of Dairy Science [on line] 2015, 98(11):7675-7685. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021500586X

Christensen GD, Simpson WA, Younger JJ, Baddour LM, Barrett FF, Melton DM, Beachey EH. Adherence of Coagulase-Negative Staphylococci to Plastic Tissue Culture Plates: a Quantitative Model for the Adherence of Staphylococci to Medical Devices. Journal Of Clinical Microblologv [on line] 1985, 22(6):996-1006. Disponible en: https://journals-asm-org.pbidi.unam.mx:2443/doi/10.1128/jcm.22.6.996-1006.1985

Deutch CE. Inhibition of urease activity in the urinary tract pathogens Staphylococcus saprophyticus and Proteus mirabilis by dimethylsulfoxide (DMSO). Journal of Applied Microbiology [on line] 2019, 128(5):1514-1523. Disponible en: https://sfamjournals-onlinelibrary-wiley-com.pbidi.unam.mx:2443/doi/10.1111/jam.14560

Gussmanna M, Steeneveldb W, Kirkebya C, Hogeveenb H, Farred M, Halasaa T. Economic and epidemiological impact of different intervention strategies for subclinical and clinical mastitis. Preventive Veterinary Medicine [on line] 2019, 166:78-85. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167587718308961

Hebling J, Bianchi L, Basso FG, Scheffel DL, Soares DG, Carrilho MRO, Pashley DH, Tjäderhane L, De Souza Costa CA. Cytotoxicity of dimethylsulfoxide (DMSO) in direct contact with odontoblast-like cells. Dental materials [on line] 2015, 31:399-405. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25681221/

Hortaç İE, Alişkan HE, Başustaoğlu A. Determination of Biofilm Formation Properties of Methicillin Sensitive and Resistant Staphylococcus aureus Isolates by Conventional and Molecular Methods. Mikrobiyol Bul [on line] 2019, 54(2):223-234. Disponible en: http://www.mikrobiyolbul.org/managete/fu_folder/2020-02/2020-54-2-223-234.pdf

Kalińska A, Wójcik A, Slósarz J, Kruzińska B, Michalczuk M. Jaworski S, Wierzbicki M, Gołębiewski M. Occurrence and aetiology of staphylococcal mastitis – A review. Animal Science Papers and Reports [on line] 2018, 36:263-273. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/327939845_Occurrence_and_aetiology_of_staphylococcal_mastitis_-_A_review

Kampa J, Sukolapong V, Chaiyotwittakun A, Rerk-u-suke S, Polpakdee A. Chronic Mastitis in Small Dairy Cattle Herds in Muang Khon Kaen. Thai J. Vet. Med [on line] 2010, 40(3):265-272. Disponible en: https://www.vet.chula.ac.th/dept/tjvm/full_text/v40/v403/403_PDF/05%20TJVM_40_3_Original3.pdf

Martínez-Cortés I, Gutierrez L, Tapia G, Ocampo L, Sumano H. Serum and milk concentrations of enrofloxacin in cows intramammarily treated with a new enrofloxacin-polymorph. Med Weter. [on line] 2016, 72(11):686-692. Disponible en: http://www.medycynawet.edu.pl/index.php/archives/386/5587-summary-med-weter-72-11-686-692-2016

Miranda-Calderón JE, Gutiérrez L, Flores-Alamo M, García-Gutiérrez P, Sumano H. Enrofloxacine hydrochloride dihydrate. Acta Crystallographica Section E. [on line] 2014, 70(4):0468-0469. Disponible en: https://journals.iucr.org/e/issues/2014/04/00/is5348/is5348fig2.html

Ortega E, Alfonseca-Silva E, Posadas E, Tapia G, Sumano H. A non-inferiority study evaluating a new extended-release preparation of tilmicosin injected subcutaneously vs. ceftiofur administered intramammary, as dry-cow therapy in Holstein Friesian cows. Journal of Veterinary Science [on line] 2020, 21(4):e87. Disponible en: https://vetsci.org/DOIx.php?id=10.4142/jvs.2020.21.e87

Pampariene I, Veikutis V, Oberauskas V, Zymantiene J, Zelvyte R, Stankevicius A, Marciulionyte D, Palevicius P. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. Journal of Vibroengineering, [on line] 2016, 18(1):511-521. Disponible en: https://www.jvejournals.com/article/16750

Pasachova GJ, Ramírez MS, Muñoz LM. Staphylococcus aureus: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular. NOVA. [on line] 2019, 17(32):25-38. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-25.pdf

Peña J, Uffo O. Producción de biofilme en genotipos de *Staphylococcus aureus* aislados de mastitis bovina en Cuba. Rev. Salud Animal. [on line] 2013, 35(3):189-196. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2013000300007

Piessens V, De Vliegher S, Verbist B, Braem G, Van Nuffel A, De Vuyst L, Heyndrickx M, Van Coillie E. Characterization of coagulase-negative staphylococcus species from cows' milk and environment based on bap, icaA, and mecA genes and phenotypic susceptibility to antimicrobials and teat dips. Journal of Dairy Science [on line] 2012, 95(12):7027-7038Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212006911

Ramírez RD. Eficacia clínica de la danofloxacina en el tratamiento de mastitis bovina". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2001. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos/3510910

Rosyter E, Wagner S. Treatment of Mastitis in Cattle, Veterinary Clinics. Food Animal Practice, [on line] 2015, 31:17–46. Disponible en: https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S0749072014000905?via%3Dihub

Silva-Dias A, Palmeira-de-Oliveira A, Miranda IM, Branco J, Cobrado L, Monteiro-Soares M, Queiroz JA, Pina-Vaz C, Rodrigues AG. Anti-biofilm activity of low-molecular weight chitosan hydrogel against Candida species. Medicine Microbiology Immunology. [on line] 2013, 203:25–33. Disponible en: https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/article/10.1007%2Fs00430-013-0311-4#citeas

Skogman ME, Vuorela PM, Fallalero A. Combining biofilm matrix measurements with biomass and viability assays in susceptibility assessments of antimicrobials against *Staphylococcus aureus* biofilms The Journal of Antibiotics [on line] 2012, 65:453–45. Disponible en: https://www-nature-com.pbidi.unam.mx:2443/articles/ja201249#citeas

Viveros M, Lopez-Ordaz R, Gutiérrez L, Miranda-Calderón JE, Sumano H. Efficacy assessment of an intramammary treatment with a new recrystallized enrofloxacin vs ceftiofur and parenteral enrofloxacin in dairy cows with nonsevere clinical mastitis. Veterinary Pharmacology and Therapeutics [on line] 2018, 41(1):e1-e9. Disponible en: https://onlinelibrary-wiley-com.pbidi.unam.mx:2443/doi/10.1111/jvp.12441

Yahya M, Karsani SA. Antibiofilm activity and mode of action of DMSO alone and its combination with afatinib against Gram-negative pathogens. Folia Microbiol. [on line] 2018, 63(1):23-30. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28540585/

EVALUACIÓN DE LOS TÍTULOS DE ANTICUERPOS NEUTRALIZANTES CONTRA RABIA EN BOVINOS VACUNADOS CON UNA DOSIS DE VIRUS ACTIVO MODIFICADO CEPA SAD

Lara G.C.*, Galán M. A., Luna C. A., López G. H., Ruiz C. M. y Aguilar S. A.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los títulos de anticuerpos neutralizantes contra rabia en bovinos vacunados con una dosis de virus activo modificado cepa SAD, se realizó un estudio en un sistema de ganadería extensiva con pastoreo continuo en el "Rancho Jaltitan" municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco, México donde se utilizaron veintiséis becerros ambos sexos, entre seis y once meses de edad, cruza de limousin con charoláis, clínicamente sanos y con títulos de anticuerpos menores a 0.6 UI/ml contra rabia paralítica bovina (RPB). Se realizó un diseño completamente al azar, donde los animales fueron divididos en dos grupos bajo las mismas condiciones de alojamiento y alimentación, uno fue testigo y al otro se le administró la vacuna en investigación al día 0. Se recolectaron muestras de sangre los días 7, 14, 21 y 45 posteriores a la vacunación para obtener el suero sanguíneo y determinar los títulos de anticuerpos contra VR (virus rábico) con la prueba rápida de inhibición de focos fluorescentes. Los datos obtenidos se procesaron con análisis de varianza, desviación estándar y el valor de P. Se observa que el día siete postvacunación el tratamiento con cepa SAD mostró una titulación de anticuerpos de 0.44 UI/ml ($P \geq 0.05$), el día 14 =2.2 UI/ml ($P \leq 0.05$), el día 21 = 2.97 UI/ml ($P \leq 0.05$) y 3.53 UI/ml ($P \leq 0.05$) al día 45. En el grupo testigo se observaron durante todo el estudio los títulos de anticuerpos por debajo de 0.6 UI/ml. Se concluye que la vacuna contra la rabia cepa SAD estimuló adecuadamente los títulos de anticuerpos neutralizantes contra la rabia en bovinos a partir del día 14.

PALABRAS CLAVES: rabia paralítica, SAD, bovino, seroconversión, vacuna.

INTRODUCCIÓN

La rabia es una enfermedad infectocontagiosa, aguda y mortal, que tiene un alto tropismo por el sistema nervioso central, es provocada por el virus de la rabia, uno de los 16 virus que componen al género *Lyssavirus* de la familia *Rhabdoviridae,* tiene una distribución mundial, es de notificación obligatoria [18, 11] y presenta un período de incubación relativamente largo [24]. Puede afectar a cualquier animal de sangre caliente, excepto las aves [5]. Es transmitida al hombre o animales principalmente por la saliva de algún animal enfermo o material contaminado [17], tal como el consumo de cadáveres infectados [16, 2] e incluso se tienen reportes de humanos que han adquirido la enfermedad al estar expuestos a aerosoles [13, 30].

En el continente americano los murciélagos hematófagos son la principal fuente de casos de rabia humana [19]. En las zonas tropicales y subtropicales la rabia que transmiten los murciélagos vampiros (hematófagos) es también una de las principales causas de mortalidad del ganado, afectando tanto a los agricultores de subsistencia como a los comerciales en toda la zona de distribución de este murciélago (desde Argentina y Uruguay hasta el norte de México) [19], incluso en regiones que por décadas se habían considerado libres de esta enfermedad, se han presentado con

* César Lara González. Carretera Santa Tepetitlán No. 2200, Col: Santa Ana Tepetitlán, Zapopan, Jal. CP 45230. clara@biozoo.com.mx Cel: 386 103 7104.

mayor frecuencia ataques al ganado por parte de murciélagos hematófagos del genero *Desmodus rotundus* (*D. rotundus*)[5].

La rabia paralítica bovina (RPB) o derriengue se considera una enfermedad epidémica y recurrente causada por el virus rábico transmitido por el vampiro *D. rotundus,* que afecta principalmente a los bovinos, equinos, con menor frecuencia a otras especies domésticas como ovinos, caprinos, cerdos, algunos animales silvestres y al hombre [6], en bovinos suele estar caracterizada por la parálisis del tren posterior [5].

De acuerdo con los reportes de la dirección de campañas zoosanitarias del SENASICA actualmente la RPB se considera endémica en México. Se distribuye desde el sur de Sonora hasta Chiapas y por la costa del Golfo de México desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán [21]. A pesar de las estrategias implementadas por autoridades y ganaderos como la vacunación, captura de murciélagos, entre otras, para controlar y disminuir la RPB**,** durante el año 2020 se reportaron 274 casos distribuidos en 20 estados del país, donde Veracruz fue el estado que reportó el mayor número de casos positivos con 52; Veracruz es una entidad de clima cálido-húmedo con temperatura promedio anual de 23°C y humedad relativa del 75%, estos factores son ideales para que el murciélago hematófago (*D. rotundus*) se reproduzca, lo que favorece la incidencia de la rabia en la zona. Después de Veracruz, los estados con mayor cantidad de casos reportados son Puebla (35), Nayarit (31), San Luís Potosí (25), Hidalgo (23) y Chiapas (19) [21].

El control de poblaciones de *D. rotundus*, utilizando anticoagulantes ha demostrado ser una medida temporal que puede a largo plazo, propiciar el avance de la enfermedad [26, 1, 3, 14]. Dentro de las estrategias de control de la RPB, existe la vacunación previa a la exposición, la cual es una acción eficiente y rentable para disminuir la incidencia de la enfermedad. En este sentido a través del tiempo se ha trabajado para producir vacunas antirrábicas que sean cada vez más seguras y eficaces.

Existen diferentes cepas vacunales contra la rabia, las cuales permiten la formulación de vacunas inactivas y atenuadas; las primeras con virus muerto; mientras que la segundas están formuladas a partir de un virus vivo modificado, el cual se replica en el hospedero y conduce a la formación de anticuerpos al simular una infección [20, 28]. Entre las vacunas de rabia que utilizan virus vivos modificados, encontramos que muchas de estas son derivadas de Evelyn Rokitnicki Abelseth (ERA), que surge en 1960 después de pasajes por varias líneas, y que a su vez esta proviene de la cepa original Street Alabama Dufferin (SAD) que fue aislada de un perro rabioso en 1935, eventualmente, la cepa ERA fue transferida al Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés), y en 1970, tras varios pasajes por la línea celular BHK-21(derivada de riñón de hámster sirio) surge la cepa SAD Bern, la cual se considera el origen de todas las cepas SAD vacunales actuales; dentro de estas, se encuentra la cepa SAD B19 la cual fue seleccionada por su termoestabilidad y su baja patogenicidad [20, 8, 12].

Actualmente las vacunas para bovinos son formuladas principalmente con virus atenuado, en una investigación reciente se determinó los niveles de anticuerpos postvacunales en bovinos inmunizados con una vacuna comercial formulada con la cepa SAD, encontrando que es capaz de desencadenar una respuesta inmune protectora [22].

A pesar de los esfuerzos realizados a través de la vacunación y la captura de *D. rotundus*, los informes oficiales reportan un mayor número de casos de RPB, por otro lado la oferta continua de diferentes cepas vacunales sin registro y de laboratorios no certificados generan incertidumbre entre los ganaderos sobre la eficacia y seguridad de las vacunas, por esto, el presente estudio de investigación propone demostrar que una vacuna comercial formulada en México con la cepa SAD es capaz de producir títulos de anticuerpos protectores en ganado (igual o mayor a 0.6 UI/ml), de acuerdo a lo indicado en la NOM-067-ZOO-2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio durante 89 días en un sistema de ganadería extensiva con pastoreo continuo en el "Rancho Jaltitan" del municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco, México ubicado por la carretera Guadalajara-Saltillo a la altura del km. 60 con latitud norte de 20^0 97' longitud oeste 103^0 22' y altitud de 1,700 msnm. La temperatura media anual oscila entre 20 a 22^0 C, la dirección de los vientos es muy variable y la precipitación pluvial media anual es de 800 mm³, el clima se considera semi-seco y semi-húmedo de acuerdo con la clasificación Köppen-Geiger de climas del mundo, se utilizaron 26 becerros aretados para su identificación, estos animales y sus madres nunca habían sido vacunados contra virus rábico (VR). Los becerros eran de ambos sexos, entre seis y once meses de edad, cruza de limousin con charoláis, clínicamente sanos, los cuales fueron sangrados 41 días antes de la vacunación a fin de constatar la ausencia o títulos de anticuerpos contra el VR menores a 0.6 UI/ml. La detección de los títulos de anticuerpos contra el VR se realizó en BIOTECMOL en la Ciudad de México, dicho laboratorio cuenta con las regulaciones nacionales e internacionales para poder realizar la prueba rápida de inhibición de focos fluorescentes (RIFFT por sus siglas en inglés) [(23)] a través del método descrito por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA).

Para el estudio, se realizó un diseño completamente al azar (DCA), donde los animales fueron divididos en dos grupos, un testigo (n=13, 7 machos y 6 hembras) y uno experimental (n=13, 5 machos y 13 hembras) al cual se le administró dos ml, vía intramuscular de la vacuna con Cepa SAD con un contenido viral de $1x10^{4.82}$ DLR_{50}/ml (Tabla 1); las condiciones de alojamiento y alimentación fueron las mismas para los dos grupos durante todo el estudio. Se recolectaron muestras de sangre de cada animal de la vena coccígea los días 7, 14, 21 y 45 posteriores a la vacunación para obtener los sueros y determinar los títulos de anticuerpos neutralizantes mediante la prueba RIFFT a través del tiempo.

Análisis estadístico

Para demostrar si existió diferencia estadística o no entre medias, los datos obtenidos se procesaron con análisis de varianza (ANOVA), se consideró la desviación estándar (DS) y el valor de P. Todas las estimaciones se realizaron mediante el programa computacional STATGRAPHICS Centurión IV [(25)]**.** Este estudio fue sometido a evaluación y fue aprobado por parte del CICUAL (Consejo interno para el cuidado y uso de animales de laboratorio) de BIO ZOO S.A. de C.V.

Tabla 1: Descripción y especificaciones de los tratamientos.

Grupo	Tratamiento	Principio activo	Contenido viral	No. de lote	Repeticiones	Dosis (ml)	Vía admón.	Sitio de aplicación
A	Vacuna	Cepa SAD	$1x10^{4.82}$ DLR_{50}/ml	V21104	13	2	i.m.	Palomilla izquierda
B	Testigo	Agua estéril inyectable			13			

i.m.= Intramuscular

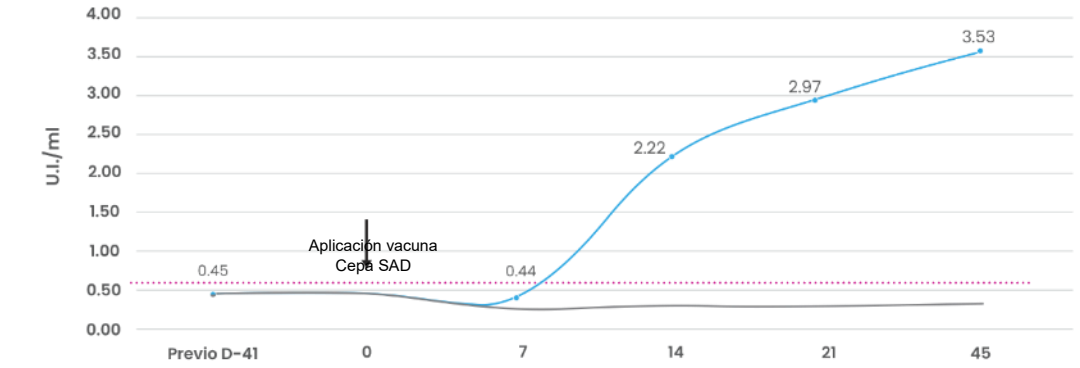
RESULTADOS

En la Gráfica 1 se muestran los títulos promedios de anticuerpos en UI/ml a través del tiempo contra la rabia en bovinos. Se observan al día menos 41 los títulos por debajo de los títulos

protectores de 0.6 UI/ml (P≥0.05) y donde solo el 11.54% (tres animales) sobrepasaron el nivel mínimo de protección, estos últimos con valores de 0.80, 0.85 y 1.00 UI/ml, el 88.46% restante de la población se encontraba por debajo del nivel mínimo neutralizante contra la RPB de acuerdo con la NOM-067 ZOO-2007.

La vacuna fue aplicada en el día cero del estudio. En el día siete después de la vacunación, el tratamiento con cepa SAD mostró títulos promedios de anticuerpos de 0.44 UI/ml (P≥0.05); sin embargo, solo el 15% (2/13) de los animales vacunados mostraron protección adecuada (mayor o igual a 0.6 UI/ml de acuerdo con la NOM-067 ZOO-2007); posteriormente, al día 14 se observó un promedio de seroconversión de 2.2 UI/ml (P≤0.05), donde se encontró al 84.6% (11/13) con protección adecuada, al día 21 y 45 se observaron promedios de 2.97 UI/ml y 3.53 UI/ml (P≤0.05), respectivamente con el 100% de la población protegida (13/13) en ambos casos. En el grupo testigo durante todo el estudio se observaron los niveles de anticuerpos inferiores a 0.6 UI/ml (Gráfica 1).

Gráfica 1: Títulos promedios de anticuerpos a través del tiempo contra la rabia en bovinos.



Tratamiento					
— Cepa SAD	0.45	0.44	2.22	2.97	3.53
— Grupo testigo		0.25	0.30	0.28	0.32
SD	0.25	0.36	1.33	1.60	1.70
P	0.12	0.18	0.000	0.000	0.000

SD= Desviación estándar, P= Probabilidad

••••••• Nivel de protección mínimo: igual o mayor de 0.6 UI/ml.

DISCUSIÓN

La presencia de títulos protectores de anticuerpos contra la rabia en el 11.54% de la población previos a la vacunación en la población de estudio coinciden con Ellison *et. al.* [7] que demostraron la presencia de anticuerpos neutralizantes de rabia (7% de 398 sueros tomados) en murciélagos en vida silvestre. Así mismo, con Gilbert *et. al.* [9] quienes reportaron un 11% (7 de 63) de anticuerpos neutralizantes del virus rábico en humanos no vacunados en Perú, datos que sugieren una exposición no fatal al virus de la rabia y que están asociados con la depredación por murciélagos hematófagos. Los resultados de este trabajo antes de la vacunación concuerdan con lo descrito por Gold y colaboradores [11], donde encontraron la presencia de anticuerpos específicos de rabia en humanos, animales domésticos y de vida silvestre sin vacunación y aparentemente sanos, esto se debe posiblemente por la previa exposición al antígeno y el desafío al virus en campo a través del contacto directo con algún animal que actúa como reservorio del virus, sin embargo, es

muy incierto determinar el tiempo, intensidad o frecuencia de la posible infección que generó los títulos anticuerpos contra el VR[22].

Respecto a la disminución que se observó en los títulos al día siete, varios autores han reportado dificultad en las interpretaciones de pruebas serológicas por el grado de variación que estas presentan [11].

Como se mencionó anteriormente, solo el 15.0 % de los animales comenzaron a titular en el día siete y en el día 14 se observó a la mayoría de la población en estudio (84.6%) con títulos de anticuerpos adecuados (2.22 UI/ml) (Gráfica 1), ambos resultados mayores a lo reportado por Quiñonez [22], quien reporta títulos de anticuerpos del 60.0 % de los animales con un promedio de 1.39 UI/ml al día 15 post vacunación con la cepa SAD.

A partir del día 21 el cien por ciento de la población en el estudio (grupo A: Cepa SAD) se encontró protegida y se mantuvo en aumento hasta el día 45, con promedios de títulos de anticuerpos de 2.97 y 3.53 UI/ml respectivamente (Gráfica 1), estos resultados fueron superiores a lo mencionado por Quiñonez [22] el cual reporta 1.97 y 2.9 UI/ml respectivamente posterior a la administración de la vacuna.

En este estudio una dosis de la vacuna antirrábica de virus vivo modificado cepa SAD administrada vía intramuscular en bovinos demostró aumentar los títulos de anticuerpos a 3.52 UI/ml a los 45 días, superando lo reportado por Lui *et. al*. [15] cuando evaluaron la eficacia inmunológica de vacunas inactivadas contra la rabia indicadas para caninos**,** en dicho estudio se observa que la administración de una dosis a los 90 días en ganado de carne, leche y camellos se alcanzan títulos de 0.93, 0.84 y 0.68 UI/ml respectivamente, después disminuyó hasta desaparecer los títulos a los 180 días. Wangmo *et. al*. [29], midieron los títulos de anticuerpos de una vacuna antirrábica con virus inactivado (Raksharab, Indian inmunnologicals) cuando se aplicó vía intramuscular en bovinos y donde se obtuvieron títulos inferiores a las encontrados en este estudio (día 14: entre 0.75 a 1.0 y el día 30: entre 1.0 a 1.25 UI/ml).

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Se concluye que la vacuna contra la rabia paralítica bovina cepa SAD estimuló adecuadamente los títulos de anticuerpos neutralizantes contra la rabia paralítica en bovinos a partir del día 14.

Son pocos los estudios que han descrito la producción de títulos de anticuerpos que generan las vacunas actuales contra la rabia en bovino; de acuerdo con el panorama nacional de rabia paralítica bovina en México emitido por SENASICA se menciona que el aumento de casos de RPB en México entre otros factores, podría deberse a una cobertura de vacunación insuficiente, que favorezca la presencia de un importante número de animales susceptibles en zonas de alta transmisión viral [27]. Mencionado lo anterior, se deben fortalecer estrategias que incluyan sesiones de capacitación sobre la prevención y control de rabia paralítica bovina para comunidades rurales ganaderas en riesgo y redoblar esfuerzos en la implementación de campañas de vacunación, así como incentivar el monitoreo de los animales vacunados.

Debido a que la rabia es una enfermedad zoonótica se recomienda profundizar más sobre los resultados encontrados en este estudio.

LITERATURA CITADA

1. Anderson AM, Shwiff SA, Gebhardt K, Ramírez AJ, Shwiff SS, Kohler D, Leucona L. Economic evaluation of vampire bat (*Desmodus rotundus*) rabies prevention in México. Transboundary and Emerging Diseases. 2012; 61(2): 140-146.
2. Ajorloo M, Mirzaei H, Sadeghi Y, Tarban N, Soltani S, Mohammadi F, Davarinejad P, Amiri M, Reza H, Abouhamzeh K, Mohammadhosayni M, Razavi H, Alamdary A, Norouzi, M. Evaluation and Phylogenetic Analysis of Regular Rabies Virus Vaccine Strains. Arch Iran Med. 2018; 21 (3): 101-110.
3. Aréchiga Ceballos N, Puebla Rodríguez P, Aguilar Setién Á. The New Face of Human Rabies in Mexico, What's Next After Eradicating Rabies in Dogs. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. 2022; 22(2): 69-75.
4. Arenas, A. La vacunación antirrábica: una historia inacabada. Discurso de ingreso como académico de número con la medalla No.16, en la sección 4ta, Veterinaria de Salud Pública. Madrid, España; 2017.
5. Bárcenas-Reyes I, Loza-Rubio E, Zendejas-Martínez H, Luna-Soria H, Cantó-Alarcón GJ, Milián-Suazo F. Comportamiento epidemiológico de la rabia paralítica bovina en la región central de México, 2001-2013. Revista Panamericana de Salud Pública. 2015; 38(5): 396-402.
6. Delpietro H, Russo, G. Manual de procedimientos de rabia paresiante. Primera Edición. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires Argentina: 2011.
7. Ellison JA, Gilbert AT, Recuenco S, Moran D, Alvarez DA, Kuzmina N, Rupprecht CE. Bat Rabies in Guetemala. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2014; 8 (7): e3070.
8. Geuea L, Schares S, Schnicka C, Kliemt J, Beckert A, Freulinga C, Conraths F, Hoffmannb B, Zanoni R, Marstond D, McElhinney L, Johnsond N, Fooks A, Tordoe N, Muller T. Genetic characterisation of attenuated SAD rabies virus strains used for oral vaccination of wildlife. Vaccine. 2008; 26 (26): 3227-3235.
9. Gilbert, A., Petersen, B., Recuenco, S., Niezgoda, M., Gómez, J., Laguna-Torres, A. y Rupprecht. 2012. Evidence of rabies virus exposure among humans in the Peruvien Amazon. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 87(2). Pp.206-215.
10. Gilbert AT, Petersen BW, Recuenco S, Niezgoda M, Gómez J, Laguna-Torres VA, Rupprecht C. Evidence of rabies virus exposure among humans in the Peruvian Amazon. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 2012; 87(2): 206.
11. Gold S, Donnelly CA, Nouvellet P, Woodroffe R. Rabies virus-neutralising antibodies in healthy, unvaccinated individuals: What do they mean for rabies epidemiology?. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2020; 14(2): e0007933.
12. Hostnik P, Picard-Meyer E, Rihtarič D, Toplak I, Cliquet F. Vaccine-induced rabies in a red fox (Vulpes vulpes): isolation of vaccine virus in brain tissue and salivary glands. Journal of Wildlife Diseases. 2014; 50(2): 397-401.
13. Johnson N, Phillpotts R, Fooks AR. Airborne transmission of lyssaviruses. Journal of Medical Microbiology. 2006; 55(6): 785-790.
14. Johnson N, Aréchiga-Ceballos N, Aguilar-Setien A. Vampire bat rabies: ecology, epidemiology and control. Viruses. 2014; 6(5): 1911-1928.
15. Liu Y, Zhang HP, Zhang SF, Wang JX, Zhou HN, Zhang F, Wang Y, Ma L, Li N, Hu, RL. Rabies outbreaks and vaccination in domestic camels and cattle in Northwest China. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2016; 10(9): e0004890.
16. Mehta S, Charan P, Dahake R, Mukherjee S, Chowdhary A. Molecular characterization of nucleoprotein gene of rabies virus from Maharashtra, India. Journal of Postgraduate Medicine. 2016; 62(2): 105.
17. NOM-067-ZOO-2007: Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y especies ganaderas. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION: Primera sección, Diario oficial, 20 de mayo 2011.
18. OMSA, 2021. Organización mundial de sanidad animal (Antes OIE). Código Sanitario para los animales terrestres. Infección por el virus de la rabia. Capítulo: 8.14.2, pág. 2. Consultado en:

https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_chapitre_rabies.htm
19. OMS, 2018. Organización Mundial de la Salud. Consulta de Expertos de la OMS sobre Rabia. Tercer informe. WHO Technical Report Series, No.1012.
20. Pastoret, PP. Veterinary vaccinology. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie. 1999; 322(11): 967-972.
21. PRONABIVE. Productora Nacional de Biológicos Veterinarios. 2021. Consultado en: https://www.gob.mx/pronabive/articulos/la-importancia-de-controlar-la-rabia-paralitica-bovina?idiom=es
22. Quiñonez C. Evaluación de la titulación de anticuerpos de vacuna antirrábica bovina cepa ERA y SAD mediante la prueba de inhibición de focos fluorescentes en un hato bovino de Purulhá, baja Verapaz. [tesis de licenciatura]. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2015.
23. Smith JS, Yager PA, Baer GM. A rapid reproducible test for determining rabies neutralizing antibody. Bull World Health Organ. 1973;48(5):535-41
24. SENASA. Servicio nacional de sanidad animal. Informe sobre caso confirmado de rabia paralitica bovina en Puriscal, Mercedes Sur, Caserio San Vicente. 2020. No. 1.20 Costa Rica.
25. STATGRAPHICS Centurión IV, (2006).
26. Streicker DG, Recuenco S, Valderrama W, Gomez-Benavides J, Vargas I, Pacheco V, Condori R, Montgomery J, Rupprecht CE, Rohani P, Altizer, S. Ecological and anthropogenic drivers of rabies exposure in vampire bats: implications for transmission and control. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2012; 279(1742): 3384-3392.
27. SENASICA. Servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria. Panorama Nacional de Rabia Paralitica Bovina. 2021. Consultado en web https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2021/mayo/PANRabiaparal%C3%ADticabovina16-04-21_7f1ec626-2283-4c40-a782-f2d239eb267f.pdf
28. Tizard I. Introducción a la inmunología veterinaria. Elsevier Saunders. Octava edición. España. 2009
29. Wangmo K, Laven R, Cliquet F, Wasniewski M, Yang A. Comparison of antibody titres between intradermal and intramuscular rabies vaccination using inactivated vaccine in cattle in Bhutan. PLOS One. 2019; 14(6): e0209946.
30. Winkler WG, Fashinell TR, Leffingwell L, Howard P, Conomy JP. Airborne rabies transmission in a laboratory worker. Jama. 1973; 226(10): 1219-1221.

NANOPARTÍCULAS DE QUITOSANO Y ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LA MASTITIS BOVINA

Corona G.L.[1*], Hernández A.L.[2], Mendoza E.S.[1], Milián S.F.[3], Ricardo G. I.D.[4], Real L.A[5]., Zambrano Z.ML[6]. Quintanar G.D[1].

[1]Posgrado FESC-1-UNAM, [2]CENID-Salud Animal e Inocuidad INIFAP, [3]Facultad de Ciencias Naturales UAQ, [4]FMVZ-UNAM, [5]CFATA-UNAM-QRO, [6]UIM-FESC-UNAM

RESUMEN

La mastitis es una de las enfermedades más importantes en la industria lechera, los antibióticos siguen siendo una de las primeras elecciones de tratamiento, sin embargo el problema de los antibióticos es que genera resistencia microbiana y los residuos en leche, por lo que en el presente estudio se propone la elaboración de una alternativa de tratamiento con componentes naturales como el aceite esencial de árbol de té y timol encapsulados mediante nanotecnología con biopolímeros naturales como el quitosano, se elaboraron las nanopartículas con la técnica de gelación iónica, se midieron los siguientes parámetros: Tamaño de partícula (TP), índice de polidispersión (IP) y potencial z (PZ). Se caracterizó su morfología con Microscopia Electrónica de Barrido. Se determinó la eficiencia de encapsulación con el equipo HPLC, evaluando seis curvas de calibración y se determinó usando el método indirecto que se basa en cuantificar el compuesto activo no encapsulado. El tamaño de partícula para la mezcla de los activos fue de 383.1±10.22, IP 0.2 y PZ de 24.7±1.33, las micrografías evidencian forma esférica irregular y tamaño submicromico y el porcentaje de encapsulación de 78%. Estos parámetros indican buena estabilidad y tamaño nanométrico para el objetivo biológico para la que están diseñadas por lo que pueden ser una alternativa viable para el tratamiento de la mastitis bovina.

INTRODUCCIÓN

La mastitis sigue siendo la primera causa del uso de antibacterianos en las unidades de producción lechera. Para elegir un medicamento para tratar un caso de mastitis se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales: eficacia, relación costo-beneficio y residuos del fármaco en la leche. Para seleccionar adecuadamente un antimicrobiano, el médico veterinario no sólo necesita conocer el agente etiológico involucrado, sino también la sensibilidad de éste a los antibióticos disponibles. El uso indiscriminado de estos fármacos a través de los años ha inducido la aparición de bacterias multirresistentes, ocasionando en algunos casos, fracaso terapéutico que puede incluso causar la muerte del animal.

Cuando el tratamiento antibiótico falla, puede ser por las siguientes causas:

1. El antibiótico no llegue al sitio de infección.
2. El antibiótico no cuenta con el vehículo apropiado para lograr una buena difusión en todo el cuarto, especialmente hacia el tejido infectado.
3. Debido a que alrededor del sitio de infección se forman abscesos y fibrosis, lo cual no permite el contacto del antibiótico con los microorganismos.
4. Las concentraciones de antibiótico en los tejidos infectados no alcanzan el nivel mínimo efectivo para matar a los microorganismos.
5. El antibiótico administrado por vía sistémica no pasa de la sangre a la leche debido a sus características farmacocinéticas.
6. Los microorganismos causantes de la infección se vuelven resistentes al antibiótico.

Por lo que es de interés buscar nuevas alternativas para tratamiento; debido a sus efectos biológicos, los aceites esenciales han atraído un gran interés para fines farmacéuticos y agrícolas. Sin embargo, los aceites esenciales son mezclas de sustancias volátiles y lipofílicas, susceptibles de degradación por agentes físicos (luz, temperatura, pH, etc.) y químicos (aire, humedad, etc); por

* Lysett Corona Gómez, Av. Primero de Mayo S/N, Sta Maria Guadalupe las Torres, 54740 Cuautitlán Izcalli, Méx. lysettcg@comunidad.unam.mx. Tel. 5554356065.

lo tanto, se han empleado polímeros de recubrimiento, preferentemente biodegradables, con el fin de preservar las propiedades químicas de los aceites esenciales con potenciales aplicaciones biológicas(Pinto et al. 2016). La nanotecnología incluye todos los sistemas de tamaño submicrónico (<1000 nm), preferiblemente aquellos que miden 100-500 nm. Su mayor área de superficie por masa en comparación con las partículas más grandes de la misma composición química hace que los nanosistemas sean más estables y biológicamente activos (Zambrano-Zaragoza et al. 2018). Los aceites esenciales se han recubierto con polímeros de diferentes tipos, como maltodextrina-goma arábiga y microcápsulas de beta-ciclodextrina, nanogeles de alginato / goma de anacardo así como quitosano / goma de anacardo y nanopartículas y perlas de chitosan / goma angico (Pinto et al. 2016).

En la actualidad, las nanoformulaciones se han considerado la mejor opción para compuestos bioactivos, ya que su tamaño subcelular permite una captación intracelular relativamente mayor que otros sistemas de partículas, lo que conduce a una mayor actividad biológica (Mora-Huertas, Fessi, and Elaissari 2010).

Las nanopartículas (NP) a base de polisacáridos tiene muchas ventajas entre ellas que son amigables con el medio ambiente, baja toxicidad, biodegradabilidad y estabilidad fisiológica. Por ejemplo, el quitosano un polisacárido natural que se usa ampliamente en formulaciones médicas (Yanat and Schroën 2021). El quitosano, se deriva de la quitina y es el componente principal de las paredes celulares de los hongos, los exoesqueletos de crustáceos e insectos y escamas de pescado. Es un polímero catiónico compuesto de (1–4) -2-amino-2-desoxi-β-D-glucano (Yanat and Schroën 2021).

Por lo que el uso de biopolímeros y aceites esenciales pueden ser una potencial alternativa para el tratamiento de infecciones causantes de mastitis en el ganado lechero.

OBJETIVO

Desarrollar un tratamiento alternativo a base de productos naturales y nanotecnología para el control de la mastitis bovina en hatos lecheros.

MATERIAL Y MÉTODOS

ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS

Se utilizaron el aceite esencial de árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) y el extracto timol metabolito del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*). Quitosano como biopolímero.

DISEÑO Y ELABORACIÓN.

Se utilizó el método de gelación iónica descrita por Calvo et al (Calvo et al. 1997) con algunas modificaciones. Se preparó una solución de quitosano al 0.3% en una solución de ácido acético al 1%, se mantuvo en agitación magnética por 2h se dejó reposar por 24 horas; posteriormente se agregó Tween 80 al 0.5, 1 y 2 % y se mantuvo en agitación constante por 30 min, se homogenizo con un agitador de velocidad variable T18 a 12 000 rpm en tres ciclos de 5 minutos con descanso entre ciclos de 5 min durante la agitación se adicionaron el 0.3 %TTO, 0.3%TTO y 0.050mg de timol respectivamente en diferentes lotes, posteriormente se ajustó el pH a 4.2, 4.4 y 4.6; mediante un sistema de goteo (1 ml/min), se adicionó una solución de tripolifosfato al 0.3% en una relación 1/1, ½ y 3/1 (quitosano/tripolifosfato). Posteriormente se centrifugaron a 6000 rpm por 60 min, se desecha el sobrenadante, se resuspende la pastilla, se filtró y se almacenó en refrigeración (4°C).

CARACTERIZACIÓN

Para la caracterización de las nanopartículas de quitosano se midieron los siguientes parámetros: Tamaño de partícula (TP), Indicie de polidispersión (IP) y potencial Z (PZ), utilizando un equipo Zetasizer Nano ZS. Se caracterizó su morfología con Microscopia Electrónica de Barrido. Se determinó la eficiencia de encapsulación con el equipo HPLC, evaluando seis curvas de calibración y se determinó usando el método indirecto que se basa en cuantificar el compuesto activo no encapsulado.

EFICIENCIA DE ENCAPSULACIÓN

La eficiencia de encapsulación se determinó usando el método indirecto que se basa en cuantificar el compuesto activo no encapsulado (Sotelo-Boyás et al. 2017); el cual consiste en centrifugar la solución de nanopartículas de cada dispersión coloidal y centrifugar 6000 rpm por 60 min para separar las nanopartículas y el estabilizante, se tomó muestra de 2ml del sobrenadante y se cuantificó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para determinar el porcentaje de encapsulación de los aceites. El terpinen-4-ol es el componente principal de TTO, por lo que se utilizará como patrón de referencia principal; la eficiencia de encapsulación será determinada usando la siguiente relación:

$$EE(\%) = \frac{mg\ de\ aceite\ encapsulado}{mg\ de\ aceite\ añadido} * 100$$

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de TP (Tamaño de partícula), IP (índice de Polidispersión), PZ (Potencial Z), concuerdan con los reportes publicados en varias investigaciones donde obtienen nanopartículas con el método de gelación iónica utilizando el TTP como agente reticulante(Bagheri, Ariaii, and Motamedzadegan 2021; Cai et al. 2022; Gan et al. 2005) se muestran los resultados en la tabla 1.

Tabla 1. Tamaño de partícula, Indicie de polidispersión y potencial z

Nanopartículas	TP	IP	PZ
Quitosano	347.3 ± 16.27	0.2 ± 0.06	30.3 ± 1.13
Nanoemulsion de TTO+ Timol	20.83 ± 2.8	0.3 ± 0.1	9.0 ± 1.1
Quitosano +TTO	398.3 ± 0.27	0.3 ± 0.06	30.9 ± 0.85
Quitosano + Timol	287.1 ± 57.08	0.2 ± 0.00	28.7 ± 0.79
Quitosano + TTO + Timol	383.1 ± 10.22	0.2 ± 0.00	24.7 ± 1.33

TP: Tamaño de partícula, IP: índice de polidispersión, PZ: Potencial Zeta,
los datos representan la media de las 6 mediciones ± DE.

Las micrografías electrónicas que corresponden a las nanopartículas de quitosano y la mezcla de TTO y timol, revelan forma esférica y distorsionada, además que se aprecian algunas aglomeraciones, se evidencia la presencia de estructuras esféricas y un sistema de tamaño submicrónico (Figura 1).

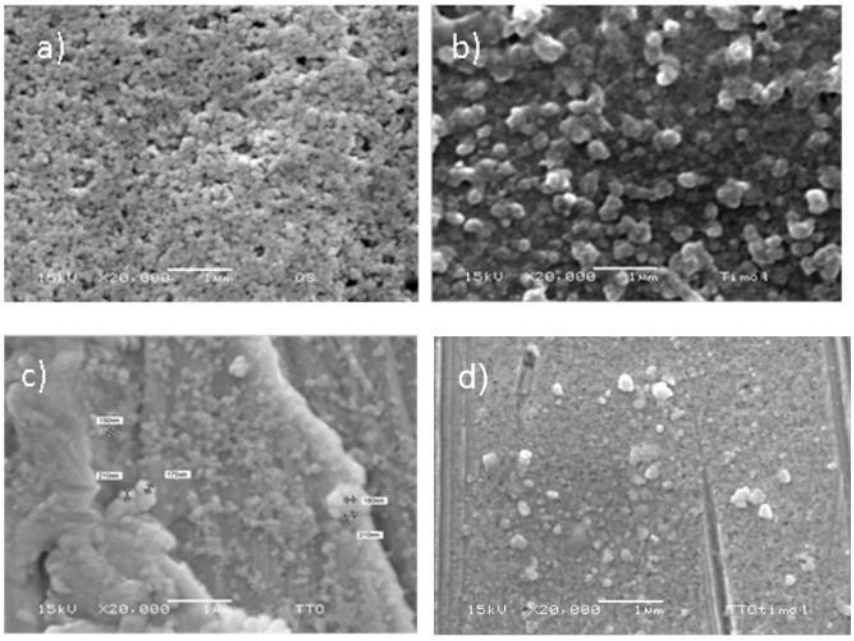


Figura 1. Caracterización morfológica por Microscopia Electrónica de Barrido de nanocápsulas poliméricas a) Nanoparticulas de Quitosano, b) Quitosano+Timol, c) Quitosano+TTO y d) Quitosano+Timol+TTO.

Se cuantificó el compuesto activo no encapsulado del sobrenadante (60ml) de la solución de nanopartículas de cada dispersión coloidal, se tomó una muestra de 2ml del sobrenadante y se midió mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) para determinar el porcentaje de encapsulación de los aceites, los ensayos se hicieron por sextuplicado y se obtuvo un porcentaje de encapsulación del 78% (Figura 2).

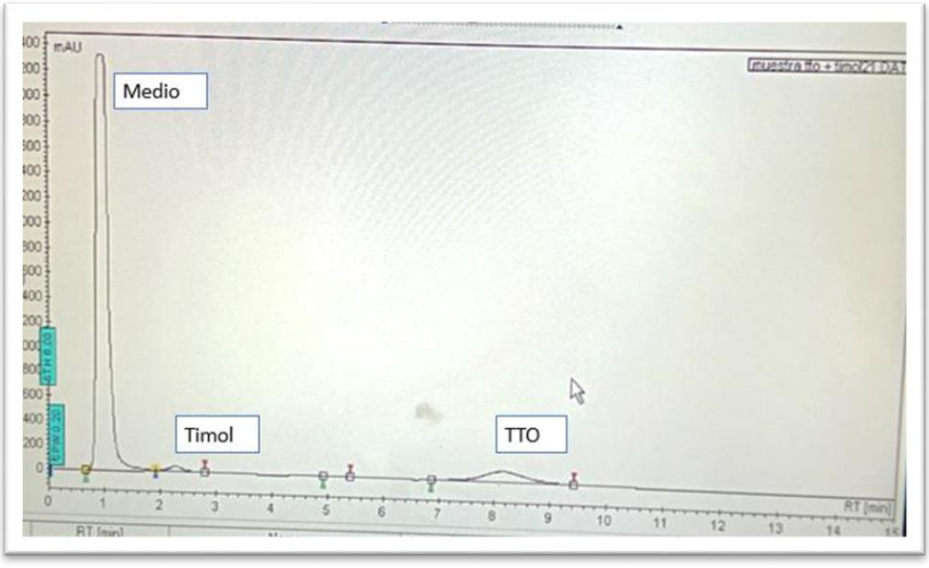


Figura 2. Cromatografía de sobrenadante para determinación del porcentaje de encapsulación

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La formación de nanopartículas sólo tiene lugar bajo ciertas condiciones específicas de concentración del biopolímero, pH y relación de la mezcla CS/TPP(Kaloti and Bohidar 2010). A concentraciones bajas de quitosano, los iones del tripolifosfato conducen el sistema hacia la coacervación natural a través de la formación de enlaces intermoleculares(Kaloti and Bohidar 2010). Mientras que si la concentración del polímero supera los >0.5 mg/ml y la relación de la mezcla es > 2 se formarán preferentemente nanopartículas cuyo tamaño dependerá de la concentración de quitosano y de la relación CS/TPP, de modo que cuanto mayor sean ambos mayores será el tamaño de las nanopartículas obtenidas. Esto se debe a que los iones hidroxilo, presentes en la solución, se unen a los grupos amino del quitosano, generando un debilitamiento de la cadena que permite la formación de enlaces intramoleculares con los iones tripolifosfóricos, lo cual hace que la cadena se pliegue y se produzcan las nanopartículas(Kaloti and Bohidar 2010).
El potencial zeta puede influir en la estabilidad de las partículas en suspensión a través de la repulsión electrostática entre partículas, por lo que se considera un parámetro importante que indica la estabilidad de los sistemas, un potencial Zeta cercanos a 30 mV y por arriba de este podría proporcionar una fuerza repelente entre las partículas, aumentando así la estabilidad de las nanopartículas, por lo que entre más alto sea este valor tanto positivamente como negativamente la estabilidad de las nanopartículas se verá favorecida(Rojas Sánchez 2017). Los valores obtenidos en las formulaciones con quitosano y la mezcla de los activos aceite de árbol de té y timol indican buena estabilidad. Las micrografías que corresponden a las nanopartículas de quitosano y la mezcla de TTO y timol, revelan forma esférica y distorsionada, además que se aprecian algunas aglomeraciones, se evidencia la presencia de estructuras esféricas y un sistema de tamaño submicrónico. El porcentaje de encapsulación fue de 78 %, porcentaje que entra dentro de los rangos obtenidos por medio de la técnica de gelación iónica y que encapsulan aceites esenciales. Con los resultados obtenidos nos indican que las nanopartículas muestran buena estabilidad y tamaño nanométrico para el objetivo biológico para la que están diseñadas por lo que pueden ser una alternativa viable para el tratamiento de la mastitis bovina.

LITERATURA CITADA

Bagheri, Roya, Peiman Ariaii, and Ali Motamedzadegan. 2021. “Characterization, Antioxidant and Antibacterial Activities of Chitosan Nanoparticles Loaded with Nettle Essential Oil.” *Journal of Food Measurement and Characterization* 15(2): 1395–1402.

Cai, Mingdi et al. 2022. “Antibacterial and Antibiofilm Activities of Chitosan Nanoparticles Loaded with Ocimum Basilicum L. Essential Oil.” *International Journal of Biological Macromolecules* 202: 122–29.

Calvo, P., C. Remuñán-López, J. L. Vila-Jato, and M. J. Alonso. 1997. “Novel Hydrophilic Chitosan-Polyethylene Oxide Nanoparticles as Protein Carriers.” *Journal of Applied Polymer Science* 63(1): 125–32.

Gan, Quan, Tao Wang, Colette Cochrane, and Paul McCarron. 2005. “Modulation of Surface Charge, Particle Size and Morphological Properties of Chitosan-TPP Nanoparticles Intended for Gene Delivery.” *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 44(2–3): 65–73.

Kaloti, Mandeep, and H. B. Bohidar. 2010. “Kinetics of Coacervation Transition versus Nanoparticle Formation in Chitosan-Sodium Tripolyphosphate Solutions.” *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 81(1): 165–73. http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.07.006.

Mora-Huertas, C. E., H. Fessi, and A. Elaissari. 2010. “Polymer-Based Nanocapsules for Drug Delivery.” *International Journal of Pharmaceutics* 385(1–2): 113–42.

Pinto, Náyra de Oliveira Frederico et al. 2016. “Production and Physico-Chemical Characterization of Nanocapsules of the Essential Oil from Lippia Sidoides Cham.” *Industrial Crops and Products* 86: 279–88. http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.013.

Rojas Sánchez, María Guadalupe. 2017. “Efecto de Un Recubrimiento Con Nanopartículas de Quitosano Funcionalizadas Con Aceite Esencial de Clavo (Syzygium Aromaticum) y Canela (Cinnamomum Verum), Sobre La Preservación de Un Jugo de Nanche Con Mango.”

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
Sotelo-Boyás, M. E., Z. N. Correa-Pacheco, S. Bautista-Baños, and M. L. Corona-Rangel. 2017. "Physicochemical Characterization of Chitosan Nanoparticles and Nanocapsules Incorporated with Lime Essential Oil and Their Antibacterial Activity against Food-Borne Pathogens." *LWT - Food Science and Technology* 77: 15–20.
Yanat, Murat, and Karin Schroën. 2021. "Preparation Methods and Applications of Chitosan Nanoparticles; with an Outlook toward Reinforcement of Biodegradable Packaging." *Reactive and Functional Polymers* 161(December 2020).
Zambrano-Zaragoza, María L. et al. 2018. "Nanosystems in Edible Coatings: A Novel Strategy for Food Preservation." *International Journal of Molecular Sciences* 19(3).

EL PESO AL NACIMIENTO DE CABRITOS ES UN FACTOR DE RIESGO EN LA MORTALIDAD EN LOS REBAÑOS DE LA COMARCA LAGUNERA

Martínez-Alfaro, J.C.*, Zúñiga-Serrano A., Olivas-Salazar, R., Ruíz-Zarate, F.

Resumen

El sistema de producción caprina de la Comarca Lagunera se sostiene, por un lado, de la producción lechera, y por otro, de la venta de cabritos. Éste último es altamente cotizado en la región Noreste del País. La mortalidad de cabritos por tanto influye de manera importante en la eficiencia productiva y reproductiva de los rebaños de la Comarca Lagunera. El objetivo de este estudio fue determinar los factores asociados a la mortalidad de cabritos de la Comarca Lagunera. Se seleccionó un rebaño de 180 cabras, las cuales son mantenidas en pastoreo extensivo. El diseño de estudios fue establecido bajo un enfoque de diseño epidemiológico de tipo observacional de casos y controles. Los casos fueron aquellos cabritos que se enfermaron y murieron independientemente de la causa, mientras que los controles fueron aquellos cabritos que se mantuvieron sanos, y que estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo que los cabritos que enfermaron y murieron. La variable dependiente fue la mortalidad de cabritos, mientras que las variables independientes fueron: El peso al nacimiento, la Condición Corporal (CC) de la madre, y el sexo de la cría. Para determinar la asociación entre la variable dependiente (mortalidad de cabritos) y las variables independientes (peso al nacimiento, CC de la madre y sexo de la cría), se realizó una prueba de razón de momios (*Or ratio*), y se corroboró con un aprueba de *Chi cuadrada* (la significancia estadística para esta prueba fue fijada en $P<0.05$). Los resultados de patología indicaron que las causas de mortalidad de los cabritos fueron debido a procesos infecciosos tanto del sistema respiratorio como del sistema digestivo. Los datos analizados en este estudio demostraron que el bajo peso al nacimiento (<1.5 kg) representa mayor ($P<0.05$) riesgo de mortalidad de los cabritos, respecto de aquellos que registraron más de 1.5 kg al nacimiento; por lo tanto, las crías que registraron mayor peso al nacimiento tienen más probabilidades de sobrevivir, independientemente de la época del año, y del número de crías por parto (únicos o gemelares). Se concluye que el peso corporal al nacimiento es un factor determinante para la sobrevivencia de las crías, independientemente de la condición corporal de las madres.

Palabras clave: Mortalidad, Salud Animal, Producción Caprina, Cabritos.

Introducción

La cabra (*Capra hircus*) parece ser que ha sido la primera especie de los animales de producción que han sido domesticada, lo cual ocurrió hace más de diez mil años en la antigua Mesopotamia (Aréchiga ***et al***., 2008). Esta especie ha sido altamente preferida en todas las latitudes, probablemente por su alta adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y ambientales, además de su alta eficiencia alimenticia y productiva. Sin embargo, las cabras se encuentran en la mayoría de los países en desarrollo y bajo un sistema de producción de subsistencia y con poca o nula tecnificación. En México, de acuerdo con los datos proporcionados por SIAP (2005), la mayor producción de cabras se encuentra en el norte del País, con alrededor de 500 mil unidades de producción, que representa un total de 9,130,350 cabezas de cabras, El 64% de los sistemas de

* *Juan Carlos Martínez Alfaro. Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez s/n. Torreón, Coahuila. México. C.P. 27054. jcmtzalfaro@gmail.com, (871) 4349818.

producción caprina se encuentran concentrados en zonas áridas y semiáridas de México. En la Comarca Lagunera, la población de caprinos oscila alrededor de 500 mil cabezas (SIAP, 2005).

En los rebaños del norte del México, la alimentación sobre todo en época de sequía representa uno de los retos para los caprinocultores, debido a que se ve afectada la productividad del rebaño, disminuyendo en esta época la producción de leche e incrementándose la mortalidad de las crías.

En el norte del país, la producción de cabritos representa un ingreso económico importante para los caprinocultores, por lo tanto, cualquier cifra en la mortalidad de cabritos ocasiona una perdida importante en la economía del sistema de producción caprina. Por lo que, en algunos rebaños del norte del país, la mortalidad de los cabritos puede llegar hasta le 50% de los cabritos nacidos vivos (Fernández *et al*., 2001). Sin embargo, Turkson *et al*. (2004) plantean que la mortalidad de cabritos desde el nacimiento hasta el año de edad fue del 30.8%, ocurriendo una mayor proporción durante el postdestete. En las zonas áridas de México, la combinación de los factores ambientales, la pobre alimentación y el manejo de los animales incrementan la mortalidad de los cabritos (Torres *et al*., 2001).

En un estudio realizado en cuatro rebaños de la Comarca Lagunera se encontró que la mortalidad de cabritos fue de 10.28%, lo cual representa una pérdida importante para el rebaño (Cepeda-Elizalde, 2008). En este sentido, el objetivo de este estudio fue determinar, las causas de mortalidad y morbilidad de los cabritos en rebaños del municipio de Matamoros Coahuila, México.

Material y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en ejido San Miguel, municipio de Matamoros, Coahuila, México. El municipio se ubica entre los 25° 31´ 41´´ de Latitud Norte y 103° 13´ 42´´ de Longitud Oeste. El ejido tiene una altitud de 1100 msnm. El clima es cálido con escasas lluvias en verano de acuerdo con la clasificación de Kóppen, modificada por García (1988). La precipitación media anual fluctúa de 150 a 200 mm; y la temperatura media anual es de 22 a 24°C, registrándose temperaturas en verano de hasta 44°C, y en invierno se han registrado temperaturas entre los -3 y -8°C.

Diseño de estudio

El estudio se abordó bajo un enfoque de diseño epidemiológico de tipo observacional de casos y controles. Los casos fueron aquellos cabritos que se enfermaron y murieron, mientras que los controles fueron aquellos cabritos sanos que tuvieron las mismas características fisiológicas y genotípicas, así como bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo que los cabritos que enfermaron y murieron. Ambos grupos, tanto los casos como los controles fueron tomados del mismo rebaño.

Condición corporal

Todas las cabras (n=22) paridas durante el verano, fueron sometidas a evaluación de la Condición Corporal, para determinar la asociación entre la CC de las cabras y la mortalidad de las crías. La evaluación de la Condición Corporal se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Russel (1984), y modificada por Kenyon *et al*. (2014).

Manejo del rebaño

Este rebaño es manejado bajo un sistema de pastoreo extensivo, las cabras son llevadas a las zonas de pastoreo de pastizales naturales con presencia del zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), arbustos como la gobernadora *(Larrea tridentata*), árboles como el mezquite (*Prosopis sp*), y huizache (*Acacia farnesiana*), en los cuales son pastoreados durante 6 a 8 horas, a partir de las 9 o 10 de la mañana, después de la ordeña. Sólo en ocasiones muy particulares (días con heladas, nevadas y/o lluvias)

los animales no son llevados a las zonas de pastoreo (García-López, *et al*., 2019). El resto del tiempo los animales permanecen en corrales de madera y malla, con una pequeña área de sombra.

Alimentación

Las cabras son llevadas a pastorear a partir de las 9:00 o 10:00 horas, hasta las 16:00 o 17:00 horas, tiempo en el cual las cabras se alimentan de pastos como el *Bouteloua gracilis*, y ramonean hojas de árboles de mezquite (*Prosopis sp*), y huizache (*Acacia farnesiana*), y otros árboles y plantas nativas de la región no identificadas. En ciertas épocas del año, los animales son pastoreados en rastrojos de maíz, sorgo, avena y/o alfalfa post-cosecha.

Toma de muestras y patología

A cada cabrito que falleció independientemente de su causa, se le realizó la necropsia durante los 60 minutos posteriores a su muerte, utilizando instrumental quirúrgico. Se realizaron, cortes histopatológicos de cada órgano y/o tejido que se encontró anormal, apoyándose en el diagnóstico presuntivo. Los tejidos fueron almacenados en recipientes estériles con formol al 10% previamente buferado, de acuerdo con la metodología propuesta por Salas-Garrido *et. al*. (2011).

Análisis Estadístico

La unidad experimental fueron los corderos muertos de cada causa de mortalidad específica por rebaño; Para determinar la asociación entre la variable dependiente (mortalidad de cabritos) y las variables independientes (peso al nacimiento, CC de la madre y sexo de la cría), se realizó una prueba de razón de momios (*Or ratio*), y se corroboró con un aprueba de *Chi cuadrada* (La significancia estadística para esta prueba fue fijada en $P<0.05$; SAS, 2004).

Nota ética

El procedimiento de manejo de los animales en este estudio fue de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para las técnicas y especificaciones para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

Resultados

La mortalidad de los cabritos ocurrió entre el día 1 y el día 21 de edad. Los resultados de patología mostraron tres hallazgos diferentes, siendo las patologías del sistema digestivo las causas que se presentaron con mayor frecuencia (Tabla 1).

Tabla1. Resultados del estudio de patología de los casos de mortalidad de cabritos en un rebaño del municipio de Matamoros, Coahuila (Comarca Lagunera).

Caso	Sexo	Edad (d)	Diagnóstico	Causas
No. 1	Macho	1	Bronconeumonía	*P. multocida*
No. 2	Macho	1	Enteritis necrótica catarral	*E.coli*
No. 3	Hembra	21	Enteritis necrótica hemorrágica	*Rotavirus*

Laboratorio: Diagnóstico Integral Veterinario. No. De registro: 2021-491.

Se registraron datos de la condición corporal de la madre, el peso al nacimiento de las crías y el sexo de las crías, para analizar la asociación entre estas variables y la variable dependiente (mortalidad de los cabritos), los datos registrados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Variables (condición corporal de la madre, peso al nacimiento de las crías y sexo de las crías de un rebaño de cabras del municipio de Matamoros, Coahuila.

Variables		Casos (n)*	Mortalidad (n)**
CC de la madre	Mala	11	1
	Buena	11	2
Peso al nacimiento	Bajo	4	3
	Alto	18	0
Sexo de la cría	Macho	13	2
	Hembra	9	1

*Los casos (n), corresponde al número de individuos por c/variable (ejem. 11 crías de madres con mala CC)
**La mortalidad (n), corresponde al número de crías muertas por c/variable (ejem. 4 crías c/bajo peso al nac.

El peso al nacimiento de los cabritos presento una diferencia (P<0.05) importante. Los resultados muestran que el bajo peso al nacimiento es un factor de riesgo de mortalidad de los cabritos. Los cabritos que pesaron menos de 1.5 kg al nacimiento tuvieron mayor probabilidad de morir respecto a los cabritos que su peso al nacimiento fue mayo de 1.5 kg (Tabla 3).

En la evaluación de la condición corporal de la madre sobre la mortalidad de las crías no se encontraron diferencias (P>0.05). Las madres con baja condición corporal no influyeron sobre la mortalidad de las crías.

El sexo de las crías no mostro diferencia (P>0.05) sobre la mortalidad de las crías. A pesar de que la mayor proporción de los cabritos muertos fueron machos, respecto a las hembras (2 vs 1, respectivamente) los análisis estadísticos no muestran diferencia. Sin embargo, es importante notar que el número de cabritos fue relativamente bajo.

Tabla 3. Mortalidad de cabritos de un rebaño de la Comarca Lagunera

Variable	Categoría	Estadísticos				
		n	**Casos %**	**RM**	**χ^2 (*Chi- Cuadrada*)**	**Valor P**
Peso al nacimiento	bajo	4	75	0.45	15.63	**P<0.05***
	alto	18	0			
CC de madre	Mala	11	10	2.22	0.385	P>0.05
	buena	11	22.22			
Sexo del cordero	Macho	13	18.18	1.45	0.082	P>0.05
	Hembra	9	12.5			

***** La significancia estadística para esta prueba fue fijada en P<0.05; SAS (2004)

Discusión

Los resultados encontrados en este estudio demostraron que la mayor causa de mortalidad independientemente de la época del año fue por problemas digestivos. Estos resultados difieren de los resultados planteados por Cepeda-Elizalde (2008), quien reportó que la mayor proporción de mortalidad fue causada por patología del sistema respiratorio.

Por otro lado, nuestros resultados indican que el bajo peso al nacimiento (<1.5 kg) que es un factor determinante para la mortalidad de los cabritos, los cuales son consistentes con los resultados reportados por Ramos-Anton *et al.* (2006), quienes mencionan que el bajo peso al nacimiento de las crías es un factor que determina la mortalidad de las crías. Lo anterior puede deberse a la pobre alimentación y/o subnutrición de las madres sobre todo en la última etapa de la gestación.

Por el contrario, en nuestro estudio encontramos que la CC de las madres no influye sobre la mortalidad de las crías, lo cual difiere de otros estudios reportados en corderos, en los cuales demuestran que la mala condición corporal de las madres es un factor determinante para la morbilidad y mortalidad de las crías (Martínez-Alfaro, 2001).

El sexo de las crías parece no influir de manera importante en la sobrevivencia de las crías, lo cual coincide con los reportes de Cepeda-Elizalde (2008), en los cuales demuestran que la mortalidad de las crías es independiente del factor sexo.

Conclusiones

Se concluye que el factor mas importante para la sobrevivencia de las crías en los rebaños de la Comarca Lagunera es que las crías nazcan con un peso al nacimiento mayor a 1.6 kg. Lo anterior puede modificarse mediante una suplementación durante el último tercio de la gestación, para que las crías tengan un mejor peso al nacimiento. Sin embargo, es necesario realizar estudios más integrales en la región bajo diferentes sistemas de manejo para poder llegar a proponer alternativas de manejo que disminuyan la mortalidad de las crías, y con ello mejorando la eficiencia productiva de los rebaños de cabras de la Comarca Lagunera.

Literatura citada

1. Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., y Meza-Herrera, C.A. 2008. Situación Actual y Perspectivas de la Producción Caprina ante el reto de la Globalización. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 9: 1-4.
2. Cepeda-Elizalde, H. 2008. Parámetros reproductivos en cabras semiestabuladas y mortalidad perinatal en cabritos de la Comarca lagunera.
3. Fernández, J.L., Rabasa, A.E., Saldaño, S.A., Cruz, M.L. y Gutiérrez, C.V. 2001. Perinatal mortality in Criollo Serrano goat kids under improved management conditions. Zootecnia Tropical. 19(1): 73-79.
4. García E. Modificaciones al sistema de clasificación Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. 1988; 70p.
5. García-López, J.C., Durán-García, H.M., De Nova, J.A., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J.M., Lee-Rangel, H.A., López-Aguirre, S., Ruíz-Tavares, D., Rendón-Huerta, J.A., Vicente-Martínez, J.G., Salinas-Rodríguez, M. 2019. Producción y contenido nutrimental de tres variantes de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Altiplano Potosino, México. Agrociencia. 53: 821-831.
6. Kenyon, P.R., Maloney, S.K., y D. Blache. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. New Zealand Journal of Agricultural Research. 57 (1), 38–64.
7. Martínez-Alfaro, J.C. 2001. Factores asociados a la mortalidad de corderos en rebaños Tzotziles desde diferentes unidades de análisis. Tesis de Maestría. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

8. Ramos-Anton, J.J., Ferrer-Mayayo, L.M., Lacasta-Lozano, D., Figueras-Ara, L.y Callejas Casedas, M. 2006. La importancia del calostro para los corderos y cabritos recién nacidos. Centro de Transferencia Agroalimentaria. España. 169:1-8.
9. Russel, A. 1984. Body condition scoring of Sheep. In Practice 5: 91–93.
10. Salas-Garrido, C.G., Ramírez-Díaz, G., Lima-Melo, A. 2011. Importancia de la toma, conservación y envío de muestras a los laboratorios de referencia, *en*: Guía de necropsias en los animales domésticos (*Ed. Candanosa-Aranda*). 1a. Edición. UNAM. México. ISBN: 978-607-02-2284-9.
11. SAS / STAT. 2004. User´s guide statistics released 9.12 Edition. Cary, N.C.SAS Institute, Inc.
12. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. 2001. Norma Oficial Mexicana. NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación.
13. SIAP 2005. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. www.siap.sagarpa.gob.mx. Fecha de recuperación: 26 de febrero de 2005.
14. Torres, A.J., Aguilar, C. A., Williams, J. y Ortega, P.A. 2001. Tasa de mortalidad verdadera por estrato de edad y causa de muerte en un rebaño de cabras criollas en el trópico subhúmedo de Yucatán, México. Rev Biomed. 12:11-17.
15. Turkson, P.K., Antiri, Y.K. y Baffuor-Awuah, O. 2004. Risk factors for kid mortality in West African Dwarf goats under an intensive management system in Ghana. Trop Anim Health Prod. 36(4):353-64.

RESPUESTA INMUNOLÓGICA SOBRE BACTERINAS DE LEPTOSPIRA Y SU CORRELACIÓN CON SEROVARIEDADES EN BOVINOS DE LA FMVZ - BUAP.

Aguirre E.G.G.[*], Camacho R.J.C., Larios G.M.C, Vázquez F.F., Santiago L.M.I.

Resumen

Actualmente se han empleado técnicas de vacunación para la prevención de la leptospirosis considerada una zoonosis, y de este modo evitar un problema mayor, en esta investigación se trabajó con bovinos lecheros de la posta zootécnica de la FMVZ-BUAP, ya que resulta ser una población vulnerable y de importancia económica; se analizaron 20 sueros sanguíneos de bovinos lecheros, 12 fueron de vacas productoras con antecedentes de vacunación y 8 de becerras no vacunadas, mediante el método Micro Aglutinación en Placa (MAT), la cual nos permitió detectar anticuerpos contra 12 serovariedades de *leptospira: Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Pyogenes, Grippotyphosa, Canicola, Pomona, Wolffi, Hardjo, Tarassovi*, de los cuales tres fueron aislamientos nacionales H-*89, Palo Alto, Portland Vere*; mediante el análisis de dichas muestras se obtuvo información sobre el estatus, conocimiento e identificación de las serovariedades que se encuentran presentes en la posta, y se encontró que la serovariedad *Bratislava* tiene mayor número de casos positivos en los animales no vacunados (87.5 %), la serovariedad *Portland vere* tuvo el 100 % de casos positivos en los animales vacunados y el 62.5 % en animales no vacunados, así mismo para el resto de las serovariedades . La prevalencia para las serovariedades *Icterohaemorragiae y Palo Alto* fue del 35 %, la de *Pyogenes y Canicola* fue del 15 %, la de *Grippotyphosa y Pomona* del 10 %. Mientras que, para las serovariedades, Wolffi*, Hardjo, Tarassovi y H-89* en los dos grupos de animales se tuvieron el 100 % de casos negativos. Se realizó un análisis comparativo entre serovariedades de animales vacunados respecto a los no vacunados con las vacunas aplicadas y su relación en cuanto a la protección inmunológica.

Palabras Clave: Leptospirosis, respuesta inmune, bacterinas, serovariedades.

Introducción

La leptospirosis es una enfermedad zoonótica de distribución mundial que provoca una importante morbilidad y mortalidad en poblaciones humanas y animales. *Leptospira interrogans* es una de las principales causas de enfermedades animales. (Hamond *et al.,*2014). Esta enfermedad sistémica de humanos y animales domésticos, principalmente perros, bovinos y porcinos, se caracterizada por fiebre, insuficiencia renal y hepática, manifestaciones pulmonares y fallo reproductivo. La leptospirosis, es causada por una espiroqueta del género Leptospira y fue descrita por primera vez en 1886 por A. Weil. Se presenta en todo el mundo, pero es más común en zonas tropicales y subtropicales. (Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud). El análisis de los datos en la República Mexicana indica, por medio del canal endémico, que la leptospirosis se presenta de forma regular durante todo el año. Sin embargo, de acuerdo con el índice endémico se presenta un aumento de los casos en los meses de agosto, septiembre y octubre. (Yescas *et al.,*2022). Después de la infección, las Leptospira se encuentran en la sangre e invaden prácticamente todos los órganos y tejidos. La transmisión de leptospirosis puede ser mediante orina, semen, leche, placentarias. Los bovinos infectados con Leptospira constituyen un reservorio activo para la propagación de la enfermedad zoonotica, especialmente para los humanos que se encuentran en contacto directo con estos animales. (Norma Oficial Mexicana 029 SSA, 2021).

Al infectarse las hembras presentan abortos, momificaciones, mortinatos, becerros nacidos débiles, mastitis y en ocasiones fallo reproductivo, teniendo como resultado pérdidas económicas sobre la

[*] Aguirre Espíndola Gabriel Gerardo. 12 poniente 707 Centro. Puebla, Pue. CP 72000. gerardo_aguirre_85@hotmail.com, 01(22)2224268424.

000producción es por esta razón que el control de leptospirosis requiere atención especializada (Petrakovsky *et al.,* 2014). A pesar de ser esta una enfermedad de salud pública no se le da la importancia que realmente debería tener, datos del 2013 revelan reportes anuales de más de 500,000 casos severos y mortalidad superior a 10% en humanos; (Organización Panamericana de la Salud). Si tan solo en el estado de Puebla existe un estudio de prevalencia de serovariedades de Leptospira que afectan a los bovinos de algunos estados de la república mexicana, Veracruz, Puebla y Tabasco. (Rosete *et al.,* 2021). Esta enfermedad se controla y previene a través de medidas complementarias, tratamiento con antibióticos, vacunación, profilaxis higiénico-sanitarias; con el fin de evitar pérdidas económicas en la producción. Los métodos moleculares aparecen como las herramientas importantes para el diagnóstico de la leptospirosis silenciosa crónica en animales domésticos, el método serológico de referencia para la identificación de serovariedades presentes es la prueba de aglutinación microscópica (MAT) se utiliza para diagnosticar la enfermedad tanto en individuos como en rebaños. (OIE, 2021). Reforzando su evidente impacto no solo en la reproducción animal sino también en el contexto de una Salud. (Azevedo y Lilenbaum,2021).

Material y métodos

- ✓ Área de estudio

El área de estudio fue el módulo de bovinos lecheros la Posta Zootécnica el Salado FMVZ-BUAP; está situada en el Salado que pertenece al municipio de Tecamachalco de Guerrero, Puebla, Sus coordenadas 18.8957418092, -97.6836947016, se describe como clima cálido- templado.

- ✓ Determinación del tamaño de muestra

Se contempló una población total de 100 cabezas de bovinos en producción de la posta zootécnica, exclusivamente de las vacas lecheras, para lo cual se aplicó la fórmula de estimación de proporciones para determinar el tamaño de muestra necesario para calcular el porcentaje de la población que pudiera tener o no la variable de interés mediante la siguiente ecuación. $\mathbf{n= z^2pq/d^2}$

Donde n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza = 1.96 al 95%

P= Probabilidad de que ocurra el evento (Prevalencia estimada) 14%

Q= 1-p, probabilidad de que no ocurra el evento

D= error estimado (20%)

Sustitución

$n= (1.96)^2(14)\ (100-1486)/20^2$

n= (3.84) (14) (86)/400

n= 11.55

n= **12 vacas**

- ✓ Tipo de muestreo.

Se trabajó con 12 muestras de vacas lecheras con antecedentes de vacunación, las cuales se eligieron por medio de un muestreo no probabilístico en el cual se realizó una selección no aleatoria de los elementos y la probabilidad de ser seleccionado fue desconocida. Su importancia radica ante condiciones específicas en busca de características especiales, que hacen poco práctica la aleatoriedad, como lo es el caso de animales enfermos para casos y controles. (Arango *et al*., 2010). Por medio del muestreo de juicio y criterio se extrajeron muestras de vacas con probabilidad de encontrar la variable de interés, que en este caso fueron muestras de vacas con antecedentes reproductivos, registros de abortos, momificaciones, y mastitis recurrentes mediante la prueba MAT.

Para complementar el trabajo de investigación se tomó en cuenta realizar un muestreo aleatorio a una población expuesta que resulta vulnerable, las becerras, del área de recría, sin antecedentes de vacunación, previamente destetadas en un rango de 4 a 6 meses de edad, de las cuales se obtuvieron 8 muestras.

- ✓ Lugar y tiempo de muestreo:

Las muestras se realizaron en el mes de agosto, que engloba estaciones de verano, Leptospirosis presenta una frecuencia estacional, incrementándose con el aumento de lluvias y con ocurrencias de epidemias asociadas con cambios en el comportamiento humano, contaminación del agua con animales o aguas residuales (Secretaría de salud 2012).

- ✓ Población de estudio

Se tomaron 12 muestras sanguíneas de vena coccígea de las vacas en producción de diferentes edades, en un rango de 1 a 6 años de edad; como se presenta en el **cuadro 1**, la Selección de la población de estudio se realizó en base a su historial clínico, registro de antecedentes reproductivos, abortos, becerros nacidos débiles o momificaciones.

Las siguientes fueron 8 muestras sanguíneas de la vena yugular de las becerras del área de recría destetada, y sin registro de vacunación en un rango de 4 a 6 meses de edad como se muestra en el **cuadro 2**

Cuadro 1 *Registro datos de población con antecedentes de vacunación.*

VACAS VACUNADAS	
Numero de Arete	**Edad**
0.32	1 año -10 meses
42	1 año -7 meses
113	6 años -7 meses
116	6 años -6 meses
131	5 años -11 meses
142	5 años -7 meses
163	5 años -7 meses
164	4 años -10 meses
179	4 años -2 meses
180	4 años -2 meses
186	3 años -7 meses
189	3 años -7 meses

Cuadro 2 *Registro datos de población sin antecedentes de vacunación.*

BECERRAS NO VACUNADAS	
Numero de Arete	**Edad**
0.93	6 meses
0.94	6 meses
0.95	6 meses
0.96	5 meses
0.97	5 meses
0.98	5 meses
0.99	4 meses
100	4 meses

- ✓ Metodología Diagnostica

Las muestras fueron analizadas en un laboratorio privado, TAQ. Análisis clínicos veterinarios dedicados a rumiantes. Se analizaron por la técnica de Aglutinación Microscópica (MAT). Considerada la técnica estándar para el diagnóstico de esta enfermedad. Las muestras se analizaron por medio de la técnica MAT, ya que es considerada la prueba de referencia para el diagnóstico serológico de leptospirosis, se considera una prueba estándar; Se utiliza principalmente para diagnosticar la enfermedad en rebaños e individuos, es muy útil para diagnosticar una infección aguda. En esta prueba se utilizan antígenos vivos, considerando una muestra positiva cuando los títulos son ≥ 1:100, los anticuerpos se producen a los pocos días después de la infección y pueden durar semanas, meses e incluso años (OIE 2021).

El código de la OIE menciona que se considera como título positivo en 1:100 en animales no vacunados, pero en animales vacunados estaremos considerando como positivos títulos 1:400 como infección latente. Los criterios de interpretación de la prueba indican que títulos de 1:50 son sospechosos y de 1:100 ó mayores, son positivos. Títulos de 1:100 a 1:200 son de importancia principalmente en animales no vacunados, títulos mayores con una sola muestra (=1:800) son usualmente indicativos de infección. (Luna *et al.,* 2008). Para este estudio consideramos como títulos positivos 1:100 para animales no vacunados, el 1:400 para vacunados.

- ✓ Prueba de Aglutinación Microscópica

La MAT es una prueba que determina los anticuerpos aglutinantes en el suero de un paciente mediante la mezcla de varias diluciones de éste con leptospiras vivas o muertas (formolizadas). Los anticuerpos antileptospiras presentes en el suero hacen que las leptospiras se peguen unas a otros formados grumos. Este proceso de agrupamiento es llamado aglutinación y es observado usando microscopía de campo oscuro. (Guía para el diagnóstico, vigilancia y control-Leptospirosis humana 2008)**.** Es una prueba de anticuerpos aglutinantes de Leptospira; las espiroquetas cultivadas se exponen a diluciones seriadas del suero del paciente y se informa una dilución más alta que cause aglutinación del 50 % de los organismos. (Vaden *et al.,*2011). Constituye la prueba de referencia frente a la que se evalúan todas las otras pruebas serológicas Mide la seroconversión o el aumento de los títulos de anticuerpos a Leptospira, por lo que es necesario testear muestras sospechosas tanto en fase aguda, como convaleciente (muestras seriadas). Se puede mejorar la sensibilidad de la prueba utilizando aislamientos locales en vez de cepas de referencia, pero las cepas de referencia ayudan en la interpretación de los resultados entre los laboratorios. Un título de 1/100 se considera positivo, pero dada la alta especificidad de la MAT, pueden tomarse títulos menores como indicio de exposición previa a Leptospira. Después de la incubación, el suero/antígeno las mezclas se examinan microscópicamente en busca de aglutinación y se determinan los títulos.1:100,1:200,1:300,1:400 se consideran títulos vacúnales normales. Utiliza una bacteria de cepas leptovirales vivas, se utiliza para determinar el título de anticuerpos y para la identificación tentativa del serogrupo Leptospira involucrado, cuando se dispone de información de antecedentes epidemiológicos. La identificación definitiva del serovar o serogrupo infectante no es posible sin el aislamiento del organismo causal. (Hathaway 2017). Con la microscopia de campo oscuro, la dispersión de la luz por microorganismos muy delgados, como es el caso de las espiroquetas, suspendidas en líquido permite observarlas en un fondo oscuro.

Variables analizadas

Son variables cualitativas*,* dos variables categóricas nominales: tipo de animal (vacunado y no vacunado) y presencia de serovariedades de leptospira (negativo y positivo)

Se analizó la prevalencia de diferentes serovariedades de Leptospira en dos grupos de ganado vacuno: Animales vacunados y no vacunados.

Resultados

Mediante el análisis de las muestras por medio de la prueba MAT se esperan tener resultados positivos para Leptospira y hacer la identificación de las serovariedades que están condicionando a la presentación de la enfermedad dentro de las instalaciones de la posta zootécnica, y de ese modo analizar el uso de biológicos en favor de la protección que se emplean en los bovinos para dar respuesta a la gran problemática que afecta a nuestros animales. Los resultados de dichas pruebas se presentan a continuación, cuadro 3, 4 y 5 para vacas vacunadas y cuadro 6, 7 y 8 para vaquillas no vacunadas.

Cuadro 3. *Resultados de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Wolffi, Hardjo, Tarassovi, H-89.*

Serovariedades L. Interrogans- Vacas Vacunadas				
ID	**Wolffi**	**Hardjo**	**Tarassovi**	**H-89**
0.32	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
42	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
113	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
116	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
131	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
142	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
163	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
164	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
179	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
180	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
186	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
189	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Cuadro 4. *Resultado de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Palo Alto, Portland Vere.*

Serovariedades L. Interrogans- Vacas Vacunadas				
ID	**Icterohaemorrhagiae**	**Bratislava**	**Palo Alto**	**Portland Vere**
0.32	1:50	1:100	1:100	1:1600
42	1:200	1:200	1:100	1:400
113	1:400	1:800	1:800	1:1600
116	1:50	1:200	1:100	1:800
131	1:200	1:100	1:50	1:800
142	1:1600	1:1600	1:1600	1:1600
163	1:200	1:200	1:50	1:400
164	1:200	1:50	Negativo	1:400
179	1:400	1:400	1:800	1:1600
180	1:1600	1:400	1:1600	1:400
186	1:800	1:400	1:1600	1:800
189	1:200	1:200	1:600	1:800

Cuadro 5. *Resultados de prueba MAT en vacas vacunadas, serovariedades Pyogenes, Gryppotyphosa, Canicola, Pomona.*

Serovariedades L. Interrogans -Vacas Vacunadas				
ID	**Pyogenes**	**Gryppotyphosa**	**Canicola**	**Pomona**
0.32	1:100	1:200	1:200	1:200
42	1:100	1:100	1:200	1:200
113	1:100	1:200	1:200	1:200
116	1:400	1:200	1:400	1:200
131	1:50	1:100	1:200	1:100
142	1:800	1:400	1:1600	1:1600
163	1:100	1:50	1:100	1:50
164	1:100	Negativo	1:100	1:50
179	1:200	1:200	1:200	1:200
180	1:50	1:50	1:50	1:200
186	1:200	1:100	1:400	1:100
189	1:400	1:400	1:200	1:100

Cuadro 6. *Resultados de prueba MAT en Becerras no vacunadas, serovariedades Wolffi, Hardjo, Tarassovi, H-89*

Serovariedades L. Interrogans Becerras no vacunadas				
ID	**Wolffi**	**Hardjo**	**Tarassovi**	**H-89**
0.93	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.94	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.96	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.97	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.98	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.99	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
100	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Cuadro 7. *Resultados de prueba MAT en becerras no vacunadas, serovariedades Icterohaemorrhagiae, Bratislava, Palo Alto, Portland Vere.*

Serovariedades L. Interrogans- Becerras no vacunadas				
ID	**Icterohaemorrhagiae**	**Bratislava**	**Palo Alto**	**Portland Vere**
0.93	Negativo	1:50	Negativo	1:100
0.94	Negativo	1:100	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	1:100	1:50	1:100
0.96	Negativo	1:100	Negativo	Negativo
0.97	1:50	1:400	1:50	1:100
0.98	1:100	1:100	1:100	1:200
0.99	Negativo	1:100	Negativo	1:50
100	1:100	1:200	1:50	1:100

Cuadro 8. *Resultados de prueba MAT en Becerras no vacunadas, serovariedades Pyogenes, Gryppotyphosa, Canicola, Pomona.*

Serovariedades L. Interrogans - Becerras no vacunadas				
ID	**Pyogenes**	**Gryppotyphosa**	**Canicola**	**Pomona**
0.93	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.94	1:50	Negativo	Negativo	Negativo
0.95	Negativo	Negativo	1:50	Negativo
0.96	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.97	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
0.98	Negativo	Negativo	1:50	Negativo
0.99	Negativo	Negativo	Negativo	1:50
100	Negativo	Negativo	Negativo	1:100

Discusión y Conclusiones

Las serovariedades con mayor prevalencia en los bovinos lecheros de la posta zootécnica FMVZ-BUAP fueron cepa *Portland vere, Bratislava*, seguida por Icterohaemorrhagiae y la cepa Palo Alto (*icterohaemorragiae*), existiendo cierta similitud con lo que se menciona en un estudio, en donde se consideran las de mayor relevancia en una región templada cepa Palo Alto (*Icterohaemorrhagiae*), cepa Sinaloa ACR (portland vere) y *Bratislava* (Luna *et al.,* 2005). Para la serovariedad *Portland vere* se tuvieron el 100 % de casos positivos en los animales vacunados y el 62.5 % en animales no vacunados, en este caso con la bacterina aplicada pareciera que favoreció la presencia de esta serovariedad, debemos de considerar los factores que condicionan a la presencia de una serovariedad o serovariedades específicas como es el caso del ambiente, huésped, factores climáticos.

La prevalencia para las serovariedades *Icterohaemorrhagiae* y Palo Alto fue del 35 %, la de *Pyogenes y Canicola* fue del 15 %, la de *Grippotyphosa y Pomona* del 10 %. Es de relevancia considerando a estas serovariedades patógenas, se menciona *Icterohaemorrhagiae, Canicola, Pomona, Grippotyphosa y Australis*como parte de las más patógenas. (Torres y Castro, 2016), considerando que la bacterina comercial protege contra cinco serovariedades, dentro de las que se encuentran *Icterohaemorrhagiae, Gryppotyphosa, Canicola y Pomona*, y al encontrarse títulos positivos contra estas serovariedades, se deduce realmente que la bacterina no está siendo eficaz y por lo tanto no está brindando protección a los bovinos lecheros. A esto debemos mencionar que se aislaron diversos serovares no específicos de los bovinos, Los serovares *grippothyposa e Icterohaemorrhagiae* tienen como reservorios principales los roedores y animales silvestres. La serovariedad *pomona* frecuentemente se encuentra en porcinos (Betancur *et al*., 2013).

La prevalencia de uno u otro serovar puede variar de acuerdo con la zona geográfica y la especie de animal infectado. En los bovinos los serovares Hardjo, Wolffi y Tarassovi son los más frecuentes en México (Méndez et al., 2013) diferimos ya que en los bovinos lecheros de la posta zootecnica no se encontraron titulos contra estas cepas *Wolffi,Hardjo, Hardjo (prajitno) cepa H-89*, por lo cual no existe similitud, con lo que relata el autor, no hubo aglutinación para estos serovares . Se considera que los serovares *hardjo, icterohaemorrhagie, pomona* y *canicola* se mantienen en los bovinos, roedores, porcinos y caninos, respectivamente. Sin embargo, pueden tener huéspedes incidentales y, de esta forma, las *Leptospiras* que pertenecen a un serovar en particular no son, no obstante, específicas de un hospedador. (Hernandez y Gomez, 2011).

Los resultados entre animales vacunados contra los no vacunados, Para la serovariedad *Bratislava* se tiene mayor número de casos positivos en los animales no vacunados (87.5 %) que en los animales vacunados (41.7 %), pero en ambos casos el resultado es positivo.

CONCLUSIONES

Se confirmó que los bovinos lecheros de la FMVZ-BUAP poseen anticuerpos contra leptospira, y son anticuerpos presentes a más de una serovariedad de leptospiras. Además, se encontraron anticuerpos contra dos cepas nacionales, Palo alto, Portland Vere, siendo la segunda la de mayor relevancia. Se encontraron altos porcentajes de seropositivos para las serovariedades Bratislava, Portland Vere, seguida por Icterohaemorrhagiae cepa (Palo alto). Se encontraron resultados negativos contra las serovariedades que normalmente afectan a la especie bovina, Wolffi, Hardjo, Tarassovi. Hardjo Prajitno cepa H-89. Las vacunas elaboradas en otros países no cubren con la protección adecuada, y con esto se deduce que no tienen efecto vacunarlas con cepas que no están presentes. Se debe implementar el uso de un protocolo de medicina preventiva en los bovinos lecheros de la posta de la FMVZ-BUAP. Se debe implementar el uso de protocolos de bioseguridad para el personal que labora en las instalaciones.

Literatura citada

1. Arango B. (2010) Leptospira and Leptospirosis. Current Topics in Microbiology and Immunology.Vol.387.
2. Betancur H.C, Orrego U.A, Gonzales T.M. (2013). Seroepidemiología de la leptospirosis en bovinos con trastornos reproductivos en el municipio de Montería, Colombia. Revista médico veterinario.No.26.
3. Carmona G.CA, León L. L, Castillo S. LO, Ramírez O.JM, Ko A, Luna P.C, De la peña. MA. (2011). Detección de *Leptospira santarosai* y *L. kirschneri* en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. Veterinaria México. Vol.42. No.4.
4. Castro, M.J.; Zamora, E.L. y Valladares, B.C. (2001): Discusión de un caso diagnóstico. Nueva Época, Boletín Informativo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.
5. Azevedo M.I. N and Lilenbaum.W (2020) An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. Letters in Applied Microbiology 72, 496—508.
6. Di Azevedo, M., & Lilenbaum, W. (2021). An overview on the molecular diagnosis of animal leptospirosis. Letters in applied microbiology, 72(5), 496–508.
7. Gómez L. B, Saltarén C. A, Díaz A.MT, Robalino V. M P, y Lucero P.S.A. (2018). Cepario autóctono de leptospiras en la prueba de micro - aglutinación. *Correo Científico Médico*,*22*(1), 50-6.
8. Hamond C; LeCount K; Putz EJ, Bayles DO, Camp P, Goris MGA, vander Linden H, Stone NE, Schlater LK,Sahl JW, Wagner DM and Nally JE (2022) Bovine Leptospirosis Due to Persistent Renal Carriage of Leptospira borgpetersenii Serovar Tarassovi.
9. Hathaway, S. C., Little, T. W. y Pritchard, D. G. (2017). Problems associated with the serological diagnosis of Leptospira interrogans serovar hardjo infection in bovine populations. Veterinary Record, 107, 307-310.
10. Hernández P, Gómez AP. Leptospirosis: una zoonosis que afecta a la salud pública y la producción pecuaria. Revista Ciencia Animal 2011;(4):15-23.
11. Luna A.M. A, Moles.C.L.P, Banda R.V.M, Torres B.J (2012).Primer reporte del aislamiento de L. interrogans serovariedad L.Portland-Vere en México.
12. Méndez C, Benavides L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Gavaldón D, Meléndez P, Moles L. (2013). Pesquisa serológica de Leptospira en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. Revista salud animal. 35(1):25-32.
13. Nally, JE, Hornsby, RL, Alt, DP, Bayles, D., Wilson-Welder, JH, Palmquist, DE y Bauer, NE (2018). Aislamiento y caracterización de leptospiras patógenas asociadas al ganado bovino. *Microbiología Veterinaria*, *218*, 25-30.
14. Organización Mundial de la Salud; traducción del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Leptospirosis humana: guía para el diagnóstico, vigilancia y control. (2008) - Rio de Janeiro: Centro Panamericano de Fiebre Aftosa –VP/OPS/OMS.
15. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2021). Leptospirosis. En Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres, Capítulo 3.1.12. OIE, París, Francia.

16. Petrakovsky, J., Bianchi, A., Fisun, H., Nájera A.P. Pereira, M. M. (2014). Animal Leptospirosis in Latin América and the Caribbean Countries: Reported Outbreaks and Literature Review (2002–2014). International Journal of Environmental Research and Public Health, 11, 10770-10789.
17. Proyecto de NOM-029-SSa-2014, Para la precención y control de la leptospirosis en el humano.
18. Rosete F.J.V, Ríos U.A, Zárate M.J.P., Socci E.G.A, Fragoso I.A, Barradas P.F.T., Olazarán J.S, Granados Z.L (2021). Prevalencia de diversos serovares de Leptospira interrogans en vacas no vacunadas en los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *12*(4), 1305-1316.
19. Secretaría de Salud. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud Dirección General de Epidemiología ISBN (2012). Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de la leptospirosis.
20. Torres C. M., Hernández B.S., Agudelo F.P., Arroyave S.E., Zavala C.J, Puerto F.I (2016). Artículos de revisión Revisión actual de la epidemiología de la leptospirosis Revisión actual de la epidemiología de la leptospirosis. *Revista Médica del Instituto Mexicano Seguro Social* (Vol. 54).
21. Vaden S.L, Knoll J.S, Smith F.W.K, Tilley L.P. (2011). BLACKWELL´S LA CONSULTA VETERINARIA EN 5 MINUTOS CANINA Y FELINA: PRUEBA DE LABORATORIO Y PROCEDIMIENTOS DE DIAGNOSTICO.1ª ed. Editorial inter-medica.
22. Yescas J.E; Rivero-P. N, Montiel H.E., Valladares B, Peláez A, Morales U, L., Zaragoza A. (2020). Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Revista de Salud Pública*, *22* (4), e202.

EVALUACIÓN NEMATICIDA DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE SEMILLAS DE *Cyrtocarpa procera* CONTRA *Haemonchus contortus*

De Jesús. M.X[1*]., Olmedo. J.A[2]., de Gives. M. P[2]., López. A. M.E [2]., Rivero P.N[1]., Zaragoza B.A[1]., Olivares P. J[3].

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario Av. Universidad km 1, Ex-Hda. de Aquetzalpa, Tulancingo C.P. 43600, Hidalgo, México. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP), Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla No. 8534/Col. Progreso, Jiutepec C.P. 62550, Morelos, México. [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero, Ciudad Altamirano, Guerreo, México.

Palabras claves: Nematodos, chucumpum, control natural, nematodos.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto nematicida de un extracto hidroalcohólico de semillas de *Cyrtocarpa procera* contra huevos de *Haemonchus contortus*. Se utilizó la prueba de inhibición de la eclosión de huevos. El extracto hidroalcohólico (E-HA) fue evaluado a diferentes concentraciones (12.5-200 mg/mL), se utilizó agua destilada como control negativo y tiabendazol (0.1 mg/mL) como control positivo. El E-HA mostró un efecto ovicida superior al 90% a partir de 100 mg/mL. Los resultados del presente estudio indican que *C. procera* contiene propiedades nematicidas sobre *H. contortus*.

Introducción

Las parasitosis gastrointestinales en pequeños rumiantes en condiciones de pastoreo afectan su salud. Los nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos y caprinos causan pérdidas económicas en la producción ganadera. *Haemonchus contortus* es un nematodo de mayor prevalencia en pequeños rumiantes a nivel mundial (Lamb *et al., 2017*). El control de los NGI se realiza mediante el uso de antihelmínticos comerciales. Debido al uso constante e irracional de estos productos químicos se ha desencadenado un problema de resistencia antihelmíntica (Muñiz-Lagunes *et al*., 2015). En este contexto, surge la necesidad de buscar otras estrategias de control como el uso de fitofármacos. Las plantas ricas en metabolitos secundarios y especialmente aquellas que contienen compuestos fenólicos, han recibido gran atención últimamente y han sido propuestas como método de control de NGI en rumiantes, bajo un enfoque nutraceútico. *Cyrtocarpa procera* es una especie arbórea que pertenece a la familia de Anacardiaceae y es conocida en México como “Chucumpum”. Los frutos de esta planta son de consumo humano y es un árbol multiusos, por ejemplo, la corteza se utiliza para el tratamiento de heridas, llagas y disentería. Contiene una gran variedad de compuestos secundarios como flavonoides, narigenina, kaempferol y catequina (Rodríguez-Canales *et al*., 2020). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad nematicida de un extracto hidroalcohólico de *C. procera* contra huevos de *Haemonchus contortus*

Material y Métodos

Material vegetal

Frutos maduros de *C. procera* (1000 g) fueron colectados en la comunidad de Morelita, Municipio de Tlapehuala, Guerrero, ubicado en 18° 20`30” de latitud norte y 100° 39`18” de longitud oeste a 235 msnm. Las semillas fueron obtenidas al separar la pulpa del fruto, en seguida se secaron a temperatura ambiente durante cuatro semanas. Posteriormente se sometieron a una molienda con un molino tipo Willey, para obtener un tamaño de partícula de 1-3 mm.

[*] *De Jesús Martínez Xochitl. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario Av. Universidad km 1, Ex-Hda. de Aquetzalpa, Tulancingo C.P. 43600, Hidalgo, México. de467903@uaeh.edu.mx (55)7321118948.

Preparación del extracto hidroalcohólico
La semilla molida (300 g) fue macerada con una solución hidroalcohólica (70 agua/30metanol) en una relación masa volumen (m/v) de 1:10 durante 48 h, a temperatura ambiente y en ausencia de luz. El extracto líquido fue filtrado utilizando gasa, algodón y papel filtro tipo Whatman® 42 y posteriormente fue concentrado a presión reducida en un evaporador rotatorio (Buchi R-300, Suiza) a 50 ºC. Este paso permitió obtener un extracto semisólido, mismo que fue llevado a sequedad total por procesos de liofilización (Olmedo *et al*., 2017).

Material biológico
Se utilizaron huevos de *Haemonchus contortus* obtenidos a partir de un ovino donador previamente infectado de forma experimental con larvas infectantes (L3) del parásito (cepa FESC, 350 L3/ kg de PV del animal). Los huevos fueron concentrados por gradiente de densidad (solución salina al 40%) y mediante el paso de diferentes tamices (75 y 37 µm de diámetro) [Higuera-Piedrahita *et al.,* 2023].

Prueba de inhibición de la eclosión de huevos (IEH)
La actividad ovicida de los extractos fue determinada mediante la prueba de IEH en placas de micro titulación de 96 pozos. El extracto hidroalcohólico (E-HA) fue evaluado a diferentes concentraciones (12.5-200 mg/mL), agua destilada fue usada como control negativo y tiabendazol (0.1 mg/mL) como control positivo. A cada pozo se le agrego una solución acuosa de 50 µL que contenía 150 ± 15 huevos y 50 µL de extractos y/o controles. Las placas fueron incubadas por 48 h a 28°C. Finalmente, se hizo un conteo total de huevos o larvas de cada pozo y se determinó el porcentaje de IEH mediante la siguiente formula:

$$\%IEH = [(\text{número de huevos}) / (\text{número de larvas} + \text{número de huevos})]*100.$$

Análisis estadístico
Los porcentajes de IEH fueron analizados bajo un diseño completamente al azar utilizando el modelo lineal general (PROC GLM). La comparación de medias entre tratamientos fue determinada por la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Resultados

Los resultados obtenidos en el presente trabajo revelan evidencia que el E-HA de semilla de *C. procera* inhibió los procesos de eclosión de huevos de *H. contortus*. Dicho extracto mostro un efecto ovicida por arriba del 90 % a partir de la concentración 100 mg/mL.

Cuadro 1. Porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* del extracto hidroalcohólico de semilla de *Cyrtocarpa procera*.

Tratamiento	Promedio de huevos y larvas recuperados		% IEH ± d.e
	Huevos	Larvas	
Agua destilada	8.75	160.75	5.17±1.08^{d}
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	176.50	0	100^{a}
Extracto hidroalcohólico de *C. procera* semilla (mg/mL)			
200	182.25	0	100^{a}
100	165.00	6.00	96.50±0.23^{a}
50	89.25	98.50	47.25±5.14^{b}
25	26.25	144.25	15.39±1.34^{c}
12.5	14.00	147.25	8.67±0.65^{d}
Coeficiente de variación			3.91
R^2			0.99

^{abcd} Medias con diferente letra en la misma columna estadísticamente difieren, Tukey ($P<0.05$), IEH=Inhibición de la eclosión de huevos, D.E.= Desviación estándar

Discusión y conclusiones

La actividad ovicida observa en el presente trabajo de investigación a las concentraciones utilizadas fue diferente a lo reportado por Marroquín-Tun *et al*., (2018) quienes utilizaron un extracto hidroalcohólico y etanólico de semilla de papaya (*C. papaya*) y encontraron que el extracto etanólico mostró el 92 % IEH, mientras que el extracto hidroalcohólico mostró 50 %IEH a una concentración concentración de 2.5 mg/mL. Por otro lado, Soldera-Silva *et al*., (2018) quienes utilizaron un extracto hidroalcohólico de *Parsera americana* contra huevos y larvas L3 de *H. contortus*, E-PAH presentó un EC50 de 36 mg/mL. Pérez -Pérez *et al*., (2014), reportaron actividad *in vitro* del extracto metanólico de hojas de *Gliricidia sepium* (EMHGS), los porcentajes de eficacia encontrados fueron: 27.7%, 46.2%, 49.7% de inhibición a 125, 250 y 500 µg/mL respectivamente.

Existen reportes en la literatura sobre algunos metabolitos secundarios obtenidos de plantas de diversas familias con evidente efecto nematicida, tales como flavonoides, taninos, alcaloides, proantocianidinas, terpenos y glicósidos. *Cyrtocarpa procera* contiene naringenina, kaempferol, catequina y derivados del ácido elagico y probablemente el efecto ovicida podría deberse a algunos de esos compuestos. No obstante, es importante realizar un estudio fitoquímico con la finalidad de identificar el grupo de compuestos secundarios presentes en ambos extractos evaluados (Martínez-Elizalde *et al*., 2015; Rodríguez-Canales *et al*., 2020).

Se concluye que el extracto hidroalcohólico de *C. procera* inhibe la eclosión de huevos de *H. contortus* por lo que podría ser una opción en el tratamiento de las nematodiasis en pequeños rumiantes.

Agradecimientos
Parte de la presente investigación fue realizada con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Beca nacional de posgrado, XDe-JM 833615). Se agradece al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP), por proporcionar el material biológico.

Referencias bibliográficas

Higuera-Piedrahita, R.I., Dolores-Hernández, M., Cruz-Cruz, H.A.d.l., López-Arellano, R., de Gives, P.M.; Olmedo-Juárez, A., Cuéllar-Ordaz, J.A., González-Cortazar, M., Ble-González, E.A.; López-Arellano, M.E., Zamilpa A. (2023). 3'-Demethoxy-6-O-Demethylisoguaiacin and Norisoguaiacin Nematocidal Lignans from *Artemisia cina* against *Haemonchus contortus* Infective Larvae. Plants 2023, 12, 820. https:// doi.org/10.3390/plants12040820

Lamb J, Elliott T, Chambers M, Chick B. Broad spectrum anthelmintic resistance of *Haemonchus contortus* in Northern NSW of Australia. Vet Parasitol. 2017 Jul 15;241:48-51. doi: 10.1016/j.vetpar.2017.05.008. Epub 2017 May 15. PMID: 28579030.

Marroquín-Tun ME., Higuera-Piedrahita RI., López-Arellano ME., López-Arellano R., de la Cruz-Cruz HA., Silva-Mendoza R, Cuéllar-Ordaz JA. (2018). Efecto *in vitro* de los extractos hidroalcohólico y etanólico de semilla de papaya (*Carica papaya*) en *Haemonchus contortus*. Ciencia y Agricultura.15(1): 53-59.

Martínez-Elizalde K.S, Jiménez-Estrada M, Flores CM, Hernández LB, Rosas-López R, Duran-Diaz A, Nieto-Yáñez OJ, Barbosa E, Rodríguez-Monroy MA, Canales-Martínez M. 2015. Evaluation of the medicinal properties of *Cyrtocarpa procera* Kunth fruit extracts. BMC Complementary and Alternative Medicine 15: 74. https://doi.org/10.1186/s12906-015-0602-y

Muñiz-Lagunes A., González-Garduño R, López-Arellano ME, et al. (2015). Anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes from grazing beef cattle in Campeche State, México. Tropical Animal Health and Production. 47: 1049-1054.

Olmedo-Juárez A, Rojo-Rubio R., Zamilpa A., et al. (2017). *In vitro* larvicidal effect of a hydroalcoholic extract from *Acacia cochliacantha* leaf against ruminant parasitic nematodes. Veterinary Research Communications. 41(3):227-232.

Pérez -Pérez C., Hernández- Villegas M.M., De la Cruz-Burelo P., Bolio- López G.I. (2014). Efecto antihelmíntico *in vitro* del extracto metanólico de hojas de *Gliricidia sepium* contra nematodos gastrointestinales de ovinos. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 17(1), 20114:105-111.

Rodríguez-Canales M, Martínez-Galero E, Nava-Torres AD, Sánchez-Torres LE, Garduño-Siciliano L, Canales-Martínez M.M, Terrazas LI, Rodríguez-Monroy MA. 2020. Anti-inflammatory and antioxidant activities of methanolic extract of *Cyrtocarpa procera* bark reduces the severity of ulcerative colitis in a chemically induced colitis model. Mediators of Inflammation 2020: 5062506. https://doi.org/10.1155/2020/5062506

SAS. (2014) Statistical Analysis System, SAS/STAT. In: Guide for Personal Computers Version Ver 9.0. Institute Inc., Cary, NC, USA. p: 956.

Soldera-Silva A., Seyfried M, Campestrini L.H, Zawadzki-Baggio S.F, Minho, AP., Molento MB., Maurer J.B.B. (2018). Assessment of anthelmintic activity and bio-guided chemical analysis of *Persea americana* seed extracts. Veterinary Parasitology, 251, 34–43. doi:10.1016/j.vetpar.2017.12.019

PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE LEPTOSPIROSIS EN OVINOS DE MÉXICO.

Chávez R.B.J.[1*]., Ruíz R.J.A.[1]., García M.L.J.[2]., Macedo B.J.R.[1]., Prado R.O.F.[1]., Carmona G.C.A.[3].

[1]Facultada de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Carretera Colima -Manzanillo, Km 40, Tecomán, Colima. CP 28100. [2]Patología Diagnóstica Veterinaria, Colima, México. [3]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Compostela- Chapalilla, Km 3.5, Compostela, Nayarit. CP63700.

Resumen

El objetivo fue determinar la prevalencia y los factores de riesgo de leptospirosis en ovinos de Colima, México. Se obtuvieron 487 sueros de 16 unidades de producción de ovinos del estado de Colima, México. Las muestras se procesaron con microaglutinación microscópica (MAT), se aplicó un cuestionario epidemiológico para determinar los factores de riesgo y se analizaron por regresión logística. Se obtuvieron 228 animales positivos con una seroprevalencia del 46.81%, con una variación de 2.85% hasta 74.28%. Las serovariedades más comunes fueron Bratislava (20.86%), Ballum (16.81%), Hardjo (15.65%), Icterohaemorragiae (13.62%) y las menos comunes fueron Canicola (2.02%) y Pomona (2.02%), cabe mencionar que un animal fue seropositivo a cinco serovariedades diferentes de *Leptospira.* Los factores de riesgo asociados significativamente ($P<0.05$) fueron la administración de un antiparasitario, el acceso a servicios veterinarios, la presencia de encharcamientos, la presencia de animales silvestres, la presencia de roedores y la región en la cual se ubica la unidad de producción. Se concluye que existe la presencia de *Leptospira* y factores de riesgo que favorecen la presencia de *Leptospira* en las unidades de producción de ovinos del estado de Colima, México.

Palabras clave: Colima, microaglutinación microscópica, factores de riesgo, leptospirosis, ovinos, seroprevalencia.

Introducción

En los últimos años, la ovinocultura del estado de Colima, México, es una actividad practicada principalmente bajo un sistema de producción semi-intensivo y pese a estar orientada a la generación de utilidades, todavía es una actividad económica en desarrollo (Arredondo *et al.*, 2016). Por pertenecer a la región de la costa del pacífico, las razas Blackbelly, Pelibuey, Kathadin, y sus cruzas son las más comunes (Macedo *et al.*, 2016). Investigaciones recientes indican que el desarrollo económico de las producciones ovinas es limitado por la falta de financiamiento, analfabetismo y elevada edad de los productores que prefieren los sistemas de producción tradicionales limitando las innovación e implementación de nuevas tecnologías (Arredondo *et al.,* 2016).

Una de las características que han limitado la producción ovina es la falta de prácticas sanitarias que favorecen al desarrollo de enfermedades como leptospirosis ocasionando pérdidas económicas en la industria ganadera (Ellis, 2015). La leptospirosis en México es una enfermedad que ha sido descrita en distintas investigaciones, enfocándose principalmente en animales como los bovinos, porcinos y caninos, donde se describe la presencia de anticuerpos contra diferentes serovariedades de *Leptospira* que afectan a estas especies. En pequeños rumiantes son muy pocas las investigaciones publicadas sobre esta enfermedad (Luna *et al.*, 2018).

La prueba serológica indicada para la detección de las diferentes serovariedades de Leptospira es la prueba de microaglutinación microscópica, siendo esta la más utilizada a nivel mundial (Medrano *et al*., 2011). En Colima México no se cuentan con estudios de diagnóstico serológicos que permitan

[*] *Chávez Ramírez Brayan Jossue. Facultada de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Carretera Colima -Manzanillo, Km 40, Tecomán, Colima. CP 28100. Correo electrónico: bchavez4@ucol.mx Celular: 55 312 1908275.

determinar la prevalencia de leptospirosis en la región. Diversas publicaciones han encontrado factores de riesgo asociados a la presencia de anticuerpos. Generalmente la presencia de estancamientos de agua, PH alcalino, convivencia con otros animales incluyendo los roedores son los factores de riesgo más importantes para la presencia de esta bacteria en los sistemas de producción ovino (Picardeau, 2013).

En el estado de Colima no existen estudios para saber cuáles son los factores de riesgo asociados a la predisposición de la enfermedad. Derivado de las diferentes fuentes bibliográficas se puede hipotetizar que existen factores de riesgo que predisponen a la presencia de anticuerpos antileptospira en los rebaños hatos ovinos del estado de Colima (Adler & de la Peña Moctezuma, 2010). El objetivo del estudio fue determinar la prevalencia y los factores de riesgo asociados a la presencia de *Leptospira* en las unidades de producción de ovinos del estado de Colima, México.

Materiales y métodos

-Descripción del área de estudio
El estado de Colima se encuentra situado en el occidente de México, cuenta con 10 municipios predominando el clima cálido subhúmedo con un 86% y seco-semiseco en un 12.5% respectivamente; la altura media es de 570 m. s. n. m., la temperatura media anual es de 22 a 28°C, con una precipitación pluvial de 790 a 900 mm (INEGI, 2020). Colima tiene una extensión de 5,626.9 km2 lo que representa 0.3 % de la superficie del país y cuenta con una población estimada en 17, 528 cabezas de ovinos respectivamente (SIAP, 2020). Se obtuvieron 487 sueros de ovinos recolectados de 16 sistemas de producción distribuidos en el estado de Colima, durante los años 2020 y 2021.

-Toma de muestra y cuestionario epidemiológico
Se tomaron muestras de sangre de los ovinos por punción de la vena yugular obteniendo 5 ml de sangre y se recolectó en tubos vacutainer sin anticoagulante. Las muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 1,600 g durante 10 minutos para obtener el suero, el cual se almacenó en viales de 1.5 ml y se conservaron a -20°C hasta el momento de completar el análisis serológico.
En la visita a los diferentes ranchos para su muestreo también se llevó a cabo una encuesta para determinar algunas variables consideradas como factores de riesgo que favorecen a la presencia de la bacteria en las unidades de producción. Las variables consideradas en la encuesta fueron: edad, sexo, tipo de sistema, fuentes de agua, desparasitación, vacunaciones, servicios veterinarios, estancamientos, presencia de roedores y la presencia de animales silvestres.

-Diagnostico serológico de *Leptospira*
El diagnostico de leptospirosis se realizó mediante la prueba de aglutinación microscópica (MAT). La técnica se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2018), utilizando 12 serovariedades patógenas. Se utilizó una colección de antígenos de *Leptospira* que incluyen 12 serovariedades patógenas: Autumnalis, Ballum, Bataviae, Bratislava, Canicola, Grippotyphosa, Copenhageni, Hardjo, Mini, Pomona, Pyrogenes, Tarassovi. Los antígenos fueron proporcionados por el laboratorio de biología funcional de la Unidad Académica de Nayarit (UAN). Se consideraron como positivas las muestras que obtuvieron una aglutinación mayor al 50 % a partir de una dilución 1:100 hacia una o más serovariedades de *Leptospira* (Lugo *et al.,* 2015).

-Análisis estadístico
Se calculó la prevalencia y la asociación entre la seropositividad de *Leptospira* y las variables estudiadas como potenciales factores de riesgo se evaluó mediante la prueba de Chi-cuadrado. Para las variables significativas ($P<0.05$) se determinaron las razones de momios (OR) y su intervalo de confianza del 95 % (IC 95%) mediante un análisis de Regresión Logística. Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico Statistix 9.0.

Resultados

Se recolectaron un total de 487 sueros de 16 unidades de producción y se obtuvo una seroprevalencia del 46.81% (228/487). En 15 de las 16 unidades de producción (93.75%) se tuvo por lo menos un animal positivo, con una variación en la seroprevalencia del 2.85% al 74.28% y con títulos de anticuerpos que fluctúan entre 1:100 y 1:1600 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Seroprevalencia de *Leptospira* en 16 unidades de producción ovino del estado de Colima, México, durante los años 2020 y 2021.

Unidad de producción	N° de muestra	N° de positivos	Seroprevalencia (%)
1	35	25	71.42
2	35	26	74.28
3	35	17	48.57
4	35	21	60.00
5	35	23	65.71
6	35	21	60.00
7	35	25	71.42
8	35	23	65.71
9	35	18	51.42
10	35	18	51.42
11	35	5	14.28
12	35	1	2.85
13	20	2	5.71
14	20	1	2.85
15	13	2	15.38
16	14	0	0.00
Total	487	228	46.81

Las serovariedades más comunes fueron Bratislava (20.86%), Ballum (16.81%), Hardjo (15.65%), Icterohaemorragiae (13.62%) y las menos comunes fueron Canicola (2.02%) y Pomona (2.02%). Cabe mencionar que un animal fue seropositivo a cinco serovariedades distintas. Por medio de la encuesta epidemiológica aplicada a los productores de ovinos en los diferentes sistemas de producción, se determinaron los factores de riesgo que favorecen a la presencia de la enfermedad en las unidades de producción estudiadas. En el Cuadro 2 se observa que los factores asociados significativamente ($P<0.05$) con la prevalencia de *Leptospira* fueron la administración de un antiparasitario, el acceso a servicios veterinarios, la presencia de encharcamientos, la presencia de animales silvestres, la presencia de roedores y la región en la cual se ubica la unidad de producción. Los ovinos criados en unidades de producción con acceso a servicios veterinarios y con presencia de roedores y de otros animales silvestres tuvieron mayor probabilidad ($P<0.05$) de contraer la enfermedad. Los corderos que no recibieron un antiparasitario tuvieron 17.84 más probabilidades de presentar la enfermedad, asimismo, los criados en unidades de producción con presencia de encharcamientos y ubicados en la región sur del estado mostraron 2.33 y 1.61 veces más probabilidad de ser seroprevalentes respectivamente.

Cuadro 2. Factores de riesgo asociados a las unidades de producción ovino en el estado de Colima, México.

Variable	Nivel	Ovinos muestreados	Ovinos positivos	Prevalencia%	P	OR (IC 95%)
Edad	>2.5	176	142	80.68	0.34	---
	<2.5	311	86	27.65		
Sexo	Macho	32	13	40.62	0.75	---
	Hembra	455	215	47.25		
Sistema de producción	Intensivo	314	150	47.77	0.84	---
	Extensivo	173	78	45.08		
Fuentes de agua	Pozo	174	88	50.57	0.53	---
	Canal	313	140	44.72		
Desparasitación	Si	88	6	6.81	0.00	17.84 (5.23-60.93)
	No	399	222	55.64		
Vacunación	Si	329	196	59.57	0.53	---
	No	158	32	20.25		
Servicios veterinarios	Si	312	135	43.26	0.00	0.22 (0.22-0.52)
	No	175	93	53.14		
Agua estancada	Si	312	132	42.31	0.02	2.33 (1.14-4.58)
	No	175	96	54.86		
Presencia de roedores	Si	48	23	47.92	0.00	0.19 (0.07-0.51)
	No	439	205	46.70		
Presencia de animales silvestres	Si	70	49	70.00	0.00	0.08 (0.02-0.31)
	No	417	179	42.92		
Tamaño de hato	<100	277	120	43.32	0.46	---
	>100	210	108	51.42		
Región	Norte	140	79	56.42	0.03	1.61 (1.04-2.68)
	Sur	347	149	42.93		

Discusión y conclusión

En la investigación se obtuvo una seroprevalencia del 46.81% en las unidades de producción analizadas, en base a las distintas investigaciones a nivel mundial encontramos que en Brasil se han reportado prevalencias del 40.5% (Campos *et al*., 2017), 32% (Carvalho *et al.*, 2014), 14.94% (Devede *et al*., 2021) y 4.5% (Fornazari *et al.*, 2012). En otros países se describieron prevalencias bajas las cuales se pueden justificar por diferentes factores que predisponen a la presencia de la bacteria en el ambiente, en Nueva Zelanda se reportó una investigación con una prevalencia del 5.7% (Dorjee *et al*., 2008), En Irán se describió una prevalencia del 17.38% (Khalili *et al*., 2020), así como en Tailandia se reporta una prevalencia del 4.7% (Suwancharoen *et al*., 2013). En México esta enfermedad ha sido descrita en distintas investigaciones enfocándose principalmente en animales como los bovinos, equinos y caninos, en las que describen prevalencias y serovariedades de *Leptospira* que afectan a estas especies. En ovinos, la investigación más reciente fue en el estado de Veracruz en donde describe una prevalencia del 53.83%, una prevalencia similar a los resultados

obtenidos en esta investigación (Gabriel *et al*., 2022). En Nuevo León se publicó una investigación en la cual determinaron presencia de *Leptospira* en los ovinos obteniendo una prevalencia del 12.5% (Chavez, 2019). En caprinos se ha descrito la presencia de *Leptospira* en el estado de Guanajuato en dos unidades de producción distintas determinando la prevalencia de la enfermedad obteniendo resultados del 68.3% y 72.4% (Luna *et al*., 2018). Los pequeños rumiantes tienen mayor susceptibilidad a serovariedades específicas como Bratislava, Icterohaemorrhagiae y Pomona, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación (Sanhueza *et al*., 2017). Algunos estudios llevados a cabo en otros países se han evidenciado algunas serovariedades con mayor frecuencia en ovinos, en Brasil las serovariedades que más se han descrito son Autumnalis, Grippotyphosa, Hardjo e Icterohaemorrhagiae (Campos *et al*., 2017; Carvalho *et al*., 2014; Fornazari *et al*., 2012; Devede *et al*., 2021), en otros continentes del mundo se han publicado investigaciones mencionando con frecuencia serovariedades como Pomona, Hardjo y mini (Dorjee *et al*., 2008; Sanhueza *et al*., 2017; Suwancharoen *et al*., 2013). Investigaciones realizadas en México en los últimos años han permitido evidenciar las serovariedades presentes en los pequeños rumiantes, en la región del bajío se describieron serovariedades como Icterohaemorrhagiae y Bratislava como las más frecuentes, en el norte del país se describe Hardjo y Pomona como las serovariedades de mayor incidencia (Chavez, 2019; Luna *et al.*, 2018). En la región del golfo de México las serovariedades que más predominaron fueron Hardjo y Canicola (Gabriel *et al*., 2022). En el presente estudio las serovariedades que se encontraron con mayor frecuencia fueron Bratislava y Ballum a diferencia de las distintas investigaciones realizadas en el país. Las serovariedades de menor presencia fueron Canicola y Pomona. El realizar este tipo de estudios serológicos ayuda a determinar la presencia de *Leptospira* en los ovinos, logrando establecer un mapa epidemiológico de la enfermedad.

Los factores de riesgo dentro de las unidades de producción tienen un papel importante para el desarrollo de la enfermedad, en Brasil se ha descrito una investigación mencionando que la asistencia veterinaria no tiene significancia en la incidencia de la enfermedad en las unidades de producción (Campos *et al*., 2017), En el presente estudio factores de riesgo fueron asociados significativamente, el no administrar antiparasitarios y el acceso a servicios veterinario engloban un conjunto de actividades que conllevan a la presencia de la bacteria, la bioseguridad careciente y prácticas de sanidad deficientes en las unidades de producción estudiadas ocasionan que estos factores de riesgo tengan significancia en el presente estudio.

El factor de riesgo más determinante de *Leptospira* es la presencia de roedores y animales silvestres, ya que son reservorios importantes de la enfermedad, esto favorece a la diseminación de la bacteria en el ambiente (Adler & de la Peña Moctezuma, 2010; Campos *et al.*, 2017; Ellis, 2015), en este estudio la presencia de roedores y animales silvestres influye de manera significativa en la diseminación de la bacteria en los rebaños, esto se debe principalmente a la bioseguridad y sanidad de las unidades de producción estudiadas, en el estado Colima, México se ha descrito un estudio realizado en venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y ciervo rojo (*Cervus elaphus*) determinando seroprevalencias de *Leptospira* del 17% y 44%, respectivamente. En este estudio, los animales fueron positivos a las serovariedades Gryppothyphosa, Pomona, Pyrogenes, Tarassovi y Canicola (Fuentes-Ramírez, 2016), lo cual indica la presencia de la bacteria en animales silvestres de la región. Los encharcamientos fueron un factor de riesgo con significancia en la investigación, las épocas de lluvia predisponen a la formación de aguas estancadas en las unidades de producción, que a su vez forman un foco de infección por la presencia de reservorios de la enfermedad que pueden diseminar la bacteria en el ambiente. La *Leptospira* es altamente resistente en medios adecuados para su supervivencia como agua estancada, agua con baja luminosidad y con pH neutro o ligeramente alcalino. Los puntos de contagio más importantes de Leptospirosis por este medio se encuentran en lagunas, riachuelos y bebederos en condiciones de salubridad precarios (Vanegas, 2018). Dentro de las regiones estudiadas, los ovinos en la región sur presentaron 1.61 veces más probabilidad de ser seroprevalentes que los ovinos muestreados en la región norte. Esto posiblemente se debe al clima cálido subhúmedo de la región que favorece el desarrollo de la bacteria en el medio ambiente (Adler & de la Peña Moctezuma, 2010; Fornazari *et al*., 2012). Los resultados obtenidos de esta investigación demostraron las serovariedades y factores de riego implicados en la positividad de *Leptospira* en los ovinos del estado de Colima, México. Se concluye que el estado de Colima se caracteriza por tener climas cálidos y tropicales un ambiente adecuado para el desarrollo de la enfermedad y en conjunto con la presencia de animales silvestres y roedores ocasionan el ingreso de la bacteria a las unidades de producción. Por lo tanto, es fundamental

asesorar a los productores sobre las consecuencias que puede ocasionar esta bacteria y la importancia de llevar a cabo protocolos de prevención y control para evitar que *Leptospira* ingrese a las unidades de producción.

Literatura citada

Adler, B., & de la Peña Moctezuma, A. (2010). Leptospira and leptospirosis. *Veterinary Microbiology*, *140*(3–4), 287–296. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.03.012

Arredondo, V., Macedo, R., Prado, O., & Garcia, L. (2016). Caracterización de las unidades de producción ovina de los productores organizados de Colima, México. *AICA*, *May*, 31–36.

Campos, Â. P., Miranda, D. F. H., Rodrigues, H. W. S., da Silva Carneiro Lustosa, M., Martins, G. H. C., Mineiro, A. L. B. B., Castro, V., Azevedo, S. S., & de Sousa Silva, S. M. M. (2017). Seroprevalence and risk factors for leptospirosis in cattle, sheep, and goats at consorted rearing from the State of Piauí, northeastern Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, *49*(5), 899–907. https://doi.org/10.1007/s11250-017-1255-2

Carvalho, S. M., Mineiro, A. L. B. B., Castro, V., Genovez, M. E., Azevedo, S. S., & Costa, F. A. L. (2014). Leptospirosis seroprevalence and risk factors for sheep in Maranhão state, Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, *46*(2), 491–494. https://doi.org/10.1007/s11250-013-0505-1

Chavez, S. J. F. (2019). *Seroepidemiología y factores de riesgo de Leptospira spp y Lentivirus en hatos ovinos y caprinos del noreste de México*. 1–85.

Devede, J., Porto, V. M., Lima, P. L. G., Lima, A. M. C., Fernandes, F. S., Pinheiro, R. R., Figuereido, D. D. (2021). Cross-sectional survey for sheep leptospirosis in the northeast region of Brazil. *Preventive Veterinary Medicine,* (Vol. 197). https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105525

Dorjee, S., Heuer, C., Jackson, R., West, D. M., Collins-Emerson, J. M., Midwinter, A. C., & Ridler, A. L. (2008). Prevalence of pathogenic leptospira spp. in sheep in a sheep-only abattoir in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, *56*(4), 164–170. https://doi.org/10.1080/00480169.2008.36829

Ellis, W. A. (2015). Animal Leptospirosis. In *Current Topics in Microbiology and Immunology* (Vol. 387). https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8_6

Fornazari, F., Costa da Silva, R., Richini-Pereira, V. B., Beserra, H. E. O., Luvizotto, M. C. R., & Langoni, H. (2012). Comparison of conventional PCR, quantitative PCR, bacteriological culture and the Warthin Starry technique to detect Leptospira spp. in kidney and liver samples from naturally infected sheep from Brazil. *Journal of Microbiological Methods*, *90*(3), 321–326. https://doi.org/10.1016/j.mimet.2012.06.005

Fuentes-Ramírez, L. (2016). Determinación de anticuerpos contra Leptospira spp. y Brucella abortus en venado cola blanca (Odocoileus virginianus) y ciervo rojo (Cervus elaphus) en Colima, México [Tesis de Licenciatura]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima.

Gabriel-Véjar, B. L., Vazquez, L. D., Martinez, H. D. I., Villagomez, C. J. A., Leyva, O. O. R., Torres, B. J. I., Zarza., V. H. (2022). Spatial distribution models of seroreactive sheep to Leptospira spp. in Veracruz, Mexico. Transboundary and Emerging Disease (Vol. 69). https://doi.org/10.1111/tbed.14526

INEGI. (2020). Panorama sociodemográfico. *Censo de Población y Vivienda 2020.* https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197858.pdf

Khalili, M., Sakhaee, E., Bagheri Amiri, F., Safat, A. A., Afshar, D., & Esmaeili, S. (2020). Serological

evidence of leptospirosis in Iran; A systematic review and meta-analysis. *Microbial Pathogenesis*, *138*(November 2019), 103833. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103833

Luna, M. Á., Socci, G., Morales Arzate, J. J., Oliveros Ibarra, J. M., & Luna Rivera, E. M. (2018). Anticuerpos contra Leptospira spp en caprinos lecheros en Guanajuato, México. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, *29*(2), 611–618. https://doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14525

Macedo, R., Arredondo, V., & Cervantes, A. (2016). Head and tail morphology of pelibuey, katahdin and blackbelly rams in Colima, México. *Veterinaria Mexico*, *3*(3). https://doi.org/10.21753/vmoa.3.3.375

Medrano, C., Díaz, C. A., & Dalmau, E. A. (2011). Diagnóstico de leptospirosis canina por medio de las técnicas Dot-ELISA y MAT en perros con enfermedad renal en Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria*, *21*, 133–145. https://doi.org/10.19052/mv.568

Picardeau, M. (2013). Diagnosis and epidemiology of leptospirosis. *Medecine et Maladies Infectieuses*, *43*(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.medmal.2012.11.005

Sanhueza, J. M., Heuer, C., Wilson, P. R., Benschop, J., & Collins-Emerson, J. M. (2017). Seroprevalence and Risk Factors for Leptospira Seropositivity in Beef Cattle, Sheep and Deer Farmers in New Zealand. *Zoonoses and Public Health*, *64*(5), 370–380. https://doi.org/10.1111/zph.12317

SIAP. (2020). *Ovino Población ganadera Cabezas*. 1. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655390/Inventario_2020_ovino.pdf

Suwancharoen, D., Chaisakdanugull, Y., Thanapongtharm, W., & Yoshida, S. (2013). Serological survey of leptospirosis in livestock in Thailand. *Epidemiology and Infection*, *141*(11), 2269–2277. https://doi.org/10.1017/S0950268812002981

Vanegas, M. C. (2018). Incidencia, prevalencia y la identificación de factores de riesgo asociados a la infección por Leptospira interrogans, serovariedad hardjo, en el ganado bovino en el centro de investigación Turipaná en el municipio Cereté departamento de córdoba. 1–47. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

COCCIDIOSIS OVINA POR *Eimeria spp,* EN ALTO DE BARAÑAS, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO.

Camacho S. L., González G. D*., Jijón A. V., López P. I.

RESUMEN.
En este trabajo se reporta un caso clínico de un animal de la especie ovina, raza Katahdin, macho de 4 meses de edad, proveniente de la localidad de Altos de Barañas, municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero; el motivo del llamado fue la muerte simultanea de 3 animales del rebaño, se acude a la unidad de producción, se observa sinología similar en la mayoría de los animales, el paciente descrito presenta diarrea, inapetencia, baja condición corporal, fiebre, letargo y mucosas pálidas.
Los ovinos del rebaño no cuentan con desparasitación desde hace 6 meses promedio, se presume de una parasitosis.
Se realizó la prueba de FAMACHA©, se le extrajo sangre para la prueba de hematocrito y heces para estudios coproparasitoscópicos, se evidenció una anemia grave y se confirmó la presencia de parásitos gastrointestinales, entre ellos *Eimeria spp,* corroborando el diagnóstico de Coccidiosis. Se realizó el tratamiento a base de antiparasitarios y anti coccígeos. Los resultados obtenidos fueron muy favorables, coincidiendo con tratamientos de otros autores.

INTRODUCCIÓN

Con el término coccidiosis se conoce la infección producida por diversas especies de protozoos pertenecientes a la subclase Coccidia, género Eimeria (Sánchez et al. 2013). Es una infección ampliamente difundida que afecta principalmente a los animales jóvenes de entre tres y cuatro semanas de edad. De las 16 especies de Eimeria que parasitan al ganado ovino, las más patógenas son *E. ovinoidalis* y *E. crandalis*, aunque generalmente se producen infecciones mixtas por varias especies. (Sánchez et al. 2013).
Las coccidias son protozoarios parásitos intracelulares del epitelio de la mucosa intestinal. Llevan a cabo, dentro del hospedador, una reproducción asexual (esquizogonia) y otra de tipo sexual (gametogonia) (Morales et al, 2005). Fuera del animal, en el piso, el protozoario se reproduce asexualmente (esporogonia), dando origen a ooquistes maduros o esporulados que son los infectantes (Morales et al, 2005). La ingestión de un ooquiste de *Eimeria* puede dar origen a la formación de cientos de nuevos ooquistes que saldrán junto con el excremento (Morales et al, 2005). Por su localización, las etapas de esquizogonia y gametogonia son las causantes del daño intestinal, por lo tanto, tienen una importancia patológica. Por su parte, la esporogonia, que origina la fase infectante, posee una importancia epidemiológica pues contribuye a su diseminación y posterior transmisión. (Morales et al, 2005).
Para la presentación de la coccidiosis se requiere de tres factores determinantes:
1. Una humedad relativa elevada. Se necesita alrededor de 75% de humedad relativa microambiental que favorezca la maduración y supervivencia del protozoario en el ambiente.
2. Presencia de fases infectantes del protozoario (ooquistes maduros).
3. La coccidiosis ocurre desde la lactación hasta después del destete.
La ausencia de comederos o pesebres y los bebederos sucios y con fugas de agua tienen como consecuencia la aparición de la coccidiosis. La enfermedad es más frecuente en la época de lluvias dada la alta humedad prevaleciente. (Cuéllar-Ordaz, 2008).
A pesar de que el ganado ovino de cualquier edad puede contraer la infección por las diversas especies de *Eimeria* son los corderos de 2-4 semanas de edad los más receptivos y los signos clínicos suelen evidenciarse a partir de las 4 y hasta las 7-8 semanas de vida (Acedo, 2015). El síntoma más característico de los corderos infectados es la diarrea con heces blandas y malolientes que pueden ser sanguinolentas en el caso de *E. ovinoidalis,* mientras que las infecciones por *E. Crandalis* las heces son de color gris verdoso con exudado mucoso y también puede producirse

* *Diana Denisse González Gómez, Santo Domingo Armenta, Oaxaca, Av. Barrio Nuevo S/N, 19289380@uagro.mx, 954 207 7501.

tenesmo rectal (Acedo, 2015). Estos signos clínicos se acompañan de disminución del apetito, anemia, adelgazamiento, mal estado general, deshidratación y debilidad que progresivamente determina la muerte de los animales más afectados (Acedo, 2015). Por el contrario, los animales inmunizados soportan la infección con un elevado número de ooquistes sin manifestar los síntomas (Acedo, 2015).

Por tanto, los medicamentos que actúan contra Eimeria se pueden clasificar en:

a. Coccidiostatos, que sólo tienen acción sobre las primeras fases evolutivas de las coccidias, detienen el desarrollo y reproducción del protozoario (Morales et al, 2005).
b. Coccidicidas, son productos que tienen la característica de atacar cualquier fase evolutiva de las coccidias que estén parasitando. Entre ellos están: Sulfas solas, sulfas combinadas, sulfas con trimetroprím, y nitrofuranos (Morales et al, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Paciente ovino de 4 meses de edad, macho, con un peso de 20 kg de raza Katadhin, proveniente de la localidad de Altos de Barañas, municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero; se acude a la unidad de producción, el paciente presenta temperatura corporal de 41.1°c, con un grado de deshidratación de un 8%, debilidad, mucosas pálidas, diarrea, inapetencia, baja condición corporal, letargo.

Constantes fisiológicas

Parámetro	Paciente	Valor de referencia
CC	2/5	3/5
T°	41.1°c	39-40°c
FC	89lpm	70-80 lat/min
FR	15rpm	12-15rpm
TLLC	3 seg	1-3 seg
Color de mucosa	Blanco	Rosado





Inspección general.
Sistema respiratorio: sin alteraciones.
Sistema digestivo: diarrea, zona perianal irritada, cavidad bucal sin alteraciones.
Sistema reproductor: sin alteraciones.
Sistema nervioso: sin alteraciones.

Después de la anamnesis se tiene el dato que el paciente no ha sido desparasitado durante 6 meses aproximadamente, se ha notado la postración del paciente en este estado dos días atrás, una semana antes han muerto 3 animales del mismo rebaño en días simultáneos, el paciente no muestra alteraciones en el sistema respiratorio, reproductor y nervioso, mientras que el sistema digestivo está latente en este caso.

TOMA DE MUESTRA

Para la toma de muestras se obtuvo 5 ml de sangre de la vena yugular la cual se depositó en un tubo vacutainer con anticoagulante EDTA (Ácido etilendiaminotetraácetico). Esta muestra fue remitida al laboratorio multidisciplinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, UAGRO.



Se colectaron 5 gramos de heces directamente del recto con ayuda de un guante de látex, y se llevó al laboratorio de investigación en parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, UAGRO, para ser procesada, se realizaron dos pruebas, técnica de McMaster y de flotación (Stoll et al,1923).

INTERVENSIÓN TERAPEUTICA

Se administró metamizol Sódico a dosis de 20 mg/ kg por lo que se administraron 0.8 ml correspondiente al peso del paciente y una terapia de fluidos con suero fisiológico por vía endovenosa para corregir el nivel de deshidratación que presentaba el paciente.

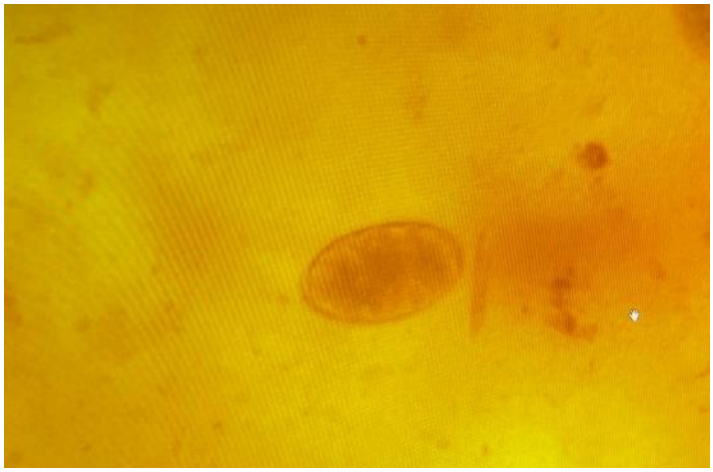
El porcentaje de deshidratación se estima midiendo la turgencia de la piel (en segundos), multiplicando por 2 y luego restando 4, de esta manera obtuvimos el dato del nivel de deshidratación que correspondió al 8%. La terapía de fluidos consistió en administrar 160 ml de Cloruro de Sodio 0.9% totales, los cuales fueron aplicados en 80 ml durante las primeras dos horas, y a las 24 horas aproximadamente se administró el suero restante.

Siguiendo el procedimiento en la revisión clínica se procedió a realizar la prueba de FAMACHA©, en base al grafico adaptado por (Vargas et.al 2006).

Encontrándose en una Categoría 4.

Los resultados del estudio de Hematocrito arrojaron un valor de 23%, lo cual de acuerdo con (Nuñez, 2007) indica valores debajo del rango normal.

Mientras que las muestras de heces dan positivo a parásitos gastrointestinales, destacando Coccidias. Al recibir los resultados de las pruebas se confirma el diagnóstico de coccidiosis. Resultado carga parasitaria.



Nematodos= (10) 500 hpg. Coccidias= (350) 17500 opg. Strongyloides= (2) 150 hpg

Al confirmar el caso de coccidiosis se llevó a cabo la intervención terapéutica en la que se utilizó un anticoccidiano que promueve la inmunidad contra las diferentes coccidias en las distintas especies animales, ejerce un efecto coccidicida en todos los estados de

desarrollo intracelular de la coccidia, como son la esquizogonia y gametogonia.
Al finalizar el tratamiento después de los 12 días se administró Complejo Hematínico 5ml/kg vía IM.

RESULTADOS

Se monitoreo durante 24 horas al paciente posterior a la aplicación de metamizol y terapia de líquidos, la temperatura corporal se encontró en 39°, la frecuencia cardiaca en parámetros normales y sin alguna otra alteración, mientras que la diarrea seguía presente, él paciente mejoró su estado alrededor de las 72 horas después de la desparasitación, desapareciendo la diarrea a los 7 días después de la intervención terapéutica, el paciente se mostraba notoriamente en un mejor estado de salud al cabo de los 12 días post tratamiento ahí se procedió a administrar vitamina.



DISCUSIÓN y CONCLUSIONES

Eimeria spp. Es, sin duda, una de las parasitosis más importantes y frecuentes en la producción ovina, pues están presentes en prácticamente todas las explotaciones, lo que no significa que todos sus animales padezcan la enfermedad, ya que esta se encuentra ligada especialmente a los corderos, y a los periodos de destete donde la enfermedad se manifiesta con más crudeza y dramatismo, aunque también puede afectar animales adultos. (Vazquez et al. 2014).
En el municipio de Cuajinicuilapa y El Tamarindo, Guerrero. Se realizó un estudio de prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos y caprinos, tantos en ovinos y caprinos la prevalencia fue del 100 %, las coccidias fueron las más frecuentes, infectando el 89 % de los ovinos y caprinos, seguidos por los nemátodos presentes en el 82.2 % de los ovinos y 87.7 % de los caprinos, *Monieza expansa* tuvo la menor prevalencia de 4.7 % para ovinos y 4.8 % para caprinos (Santiago,2022).

Con los datos del estudio anterior y al considerar la carga prevalente de parásitos en nuestro paciente se presumió como principal cuadro clínico coccidiosis.
Entre los signos clínicos por parasitosis gastrointestinales en pequeños rumiantes están la anemia, disminución en la ganancia de peso, mucosas y conjuntivas pálidas, disminución del apetito, cuadro de desnutrición variable, y en cuadros crónicos perdida de condición corporal.
La mayoría de los estudios realizados en zonas templadas o zonas tropicales muestran la importancia de la edad en la excreción de coccidios: la prevalencia y la intensidad de la excreción son más altos en animales jóvenes de menos de 4 a 6 meses (Taylor, 2009). De manera similar, la coccidiosis clínica en cabras generalmente se registra de 2 a 4 semanas después del destete.
El síntoma principal es la diarrea, que puede ser hemorrágica en las ovejas, pero con menos frecuencia que en el ganado bovino. Por el contrario, la diarrea nunca es hemorrágica en corderos. Las heces son acuosas con grumos de mucosidad y el color cambia de pardo a amarillo u oscuro alquitranado. Hay pérdida de peso y deshidratación. El estado general del animal empeora porque de disminución del apetito. En ciertas condiciones, la coccidiosis puede caracterizarse por una muerte súbita sin signos digestivos precedentes, en particular entre los animales jóvenes entre 2 y 4 meses (Chartier, 2009).
Para el diagnóstico se recomienda considerar las características y condiciones de manejo de la explotación, y hacer la diferenciación clínica del padecimiento, tomando en cuenta el tipo de animal afectado y los signos que manifiesta. El diagnóstico confirmativo se hace por medio del laboratorio,

para lo cual se deben remitir muestras de materia fecal para su procesamiento a través de técnicas coproparasitoscópicas (flotación o McMaster) (Morales, 2005).
En cuanto al tratamiento no cabe duda de que cuando la coccidiosis empieza a dejar su huella en los corderos un tratamiento sintomático se erige como indispensable.
Para ello la rehidratación oral y la administración de complejos vitamínicos A, K, junto a una dieta rica en proteínas es realmente recomendable. (Reina et al. 2011)
Este caso se presentó en el mes de noviembre, el desencadenante de la enfermedad ha sido la mala higiene que se tiene en las instalaciones de esta unidad de producción puesto que no se lleva una limpieza de los bebederos en los que se le administra el agua a los animales, al mismo tiempo existe un desagüe de drenaje en las instalaciones donde pastorean los ovinos; esto de una manera u otra promueve el hacinamiento y la continua exposición al agente favoreciendo el contagio y la diseminación del agente causal de la enfermedad, además de que de igual manera en esta unidad de producción no se lleva a cabo un control de la desparasitación.
Algunas condiciones de alojamiento o pastoreo de animales (hacinamiento, cama húmeda, zonas fangosas) predisponen a la contaminación masiva del medio ambiente y alta presión de infección (Jalila et al.,1998).
Identificar las coccidias a nivel de género y especie mediante esporulación.
Se recomienda al productor llevar un control de desparasitación en el que incluya antiparasitarios y anti coccígeos y volver a realizar un muestreo después del tratamiento para verificar el estado parasitario de los animales. En cuanto a las instalaciones se debe llevar a cabo un buen manejo sanitario del lugar en el que pastorean los animales y encerrar con tela en el lugar donde se encuentra el desagüe para desfavorecer el ciclo de vida del parasito.

LITERATURA CITADA

Acedo, C., López-Angulo, A., Cacho, E., y Quílez, J. (2015). La coccidiosis en el ganado ovino. *Dialnet, 168*(1), 16-18.
Chartier, C, y Paraud, C. (2009). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Elsevier, 103*(1), 84-92.
Cuéllar-Ordaz, J. (2008). Uso de pisos de rejilla en explotaciones ovinas. *Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos, 10*(1), 146-148.
Jalila, A., Dorny, P., Sani, R., Salim, N., y Vercruysse, J. (1998). Coccidial infections of goats in Selangor. *Veterinaria parasitol, 74*(2), 165-172.
Morales, G., Sandoval, E., Pino, L., y Jiménez, D. (2005). Efecto del padrote ovino sobre el nivel de infección de sus hijas por parásitos intestinales. *Veterinaria tropical, 30*(2), 47-59.
Núñez, L. (2007). *Patología clínica veterinaria*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.9
Reina, D., Alcaide, M., Bravo, D., Blanco, J., y Matínez-Estéllez, A. (2011). La coccidiosis en ganado ovino. Sus posibilidades de control. *Ganaderia mexicana, 76*(1). 48-52.
Sánchez, C., López-Angulo, A., Cacho, E., y Quílez, J. (2013). La coccidiosis en el ganado ovino. *Sitio Argentino de Producción Animal, 49*(1), 1-5.
Santiago, Y. (2022). *Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos y caprinos de las localidades de Cuajinicuilapa y El Tamarindo, Guerrero* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero.
Stoll, N. (1923). Investigations on the control of hookworm disease. XV. An effective method of counting hookworm eggs in feces. *American journal of epidemiology, 3*(1), 59-70.
Taylor, M. (2009). Changing patterns of parasitism in sheep. *Farm animal practice 31*(1), 474-483.
Vargas, R., y Claudio, F. (2006). FAMACHA© Control de Haemonchosis en caprinos. *Agronomia mesoamericana, 17*(1), 79-88.
Vazquez,M., Genzelis, M., Mijalenko, S., y Beltramino, J. (2014). Pesquisa de *Eimeria spp.* En ovinos: primera notificación de *Eimeria macusaniensis* en la región de Gobernador Gregores, San Cruz, Argentina. *Revista salud animal, 36*(1), 62-64.

EFECTO DE CAPTURA EN CORRAL DE MURCIÉLAGOS HEMATÓFAGOS COMO PREVENCIÓN DE LA RABIA PARALITICA BOVINA, EVALUACIÓN Y COSTO.

Méndez O.M.L.*, Viveros M.M.A. Álvarez L.J.A., García S.S.P., Vega M.V.E., Gudiño E.R.S.

Resumen

Para la prevención de la rabia paralitica bovina existen varios métodos, uno es la vacunación y otro, el control poblacional de los murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*) o también llamados vampiros, debido que estos últimos pueden ser portadores del virus rábico. Las acciones encaminadas al control de las poblaciones de murciélagos hematófagos están regidas por la NOM-067-ZOO-2007. Para el control poblacional se pueden usar ungüentos vampiricidas que contienen warfarina que funciona como un anticoagulante. Se aplican en las heridas de los animales agredidos o de forma directa en los murciélagos hematófagos capturados con redes de niebla hecho por personal capacitado. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las capturas en corral para la reducción de agresiones por murciélago hematófago, calcular el costo de la actividad. Este estudio se realizó en el Rancho Viveros, ubicado en el municipio de Emiliano Zapata, Ver, donde se hicieron cinco capturas en un periodo de doce meses, además de la revisión de los bovinos del hato cada 45 días con la finalidad de contabilizar el número de agresiones infringidas por los *D. rotundus.* El equipo y materiales que se emplearon para cada captura se depreció de acuerdo al principio de valor del activo / vida útil para calcular el costo de cada captura realizada. El equipo y materiales que se usaron consistieron de varillas, estacas, lámparas, redes, guantes, ungüento vampiricida y rafia. Así el costo de cada captura fue de $1042.00 pesos. Un total de 70 murciélagos fueron colectados en las cinco capturas, de los cuales hubieron 31 machos y 39 hembras, siendo en la primera captura 30 (11/19) y en la segunda sólo 12, (4/8) lo que representa el 60% de reducción y, en la última, únicamente 4 (2/2), 86.67% de reducción comparada con la primera captura. Respecto a las mordeduras por *D. rotundu*s, en la zona del cuello se contabilizaron 235 (59.95%) mordeduras, seguidos de las orejas con 53 (13.52%), cola 49 (12.50%), cadera 40 (10.20%), miembros 10 (2.55%) y paleta con 5 (1.28%). Sin embargo, cuando se hace la relación del primer al segundo conteo de mordeduras, se reduce un 41.54% (130/76), en un inicio un promedio de 5 mordeduras por animal, en la última revisión 0.50 mordeduras por animal. La reducción de agresiones por animal fue de 96.16% (130/5). Existe una considerable cantidad de murciélagos hematófagos que agreden a los animales domésticos de esa comunidad, el tratamiento de los quirópteros con vampiricida redujo las agresiones y que la inversión en las capturas resultó benéfica para los productores y sus animales reduciendo el riesgo de contraer Rabia Paralitica Bovina.

Introducción

Las acciones enfocadas al control de la población de murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*) están regidas por la NOM-067-ZOO-2007, es importante su control, por ser los principales trasmisores de la rabia paralítica bovina. Rabia, el nombre de esta enfermedad proviene del latín *rabbas* que traducida al castellano significa “actuar con violencia”; (Jamillo y Medina 2000), también se le conoce como hidrofobia, es causada por un virus virus neurotrópico que pertenece al género *Lyssavirus*, de la familia *Rhabdoviridae*, se considera una de las enfermedades de mayor impacto para salud pública y animal, por ser una enfermedad zoonótica viral de gran importancia por su alto porcentaje de mortalidad, (Bárcenas Reyes *et al*. 2015). En algunas regiones de India y África, los principales reservorios y transmisores son los perros domésticos, en América Latina son los murciélagos, mientras que para América del Norte y Eurasia están implicados los zorros, lobos, coyotes, mapaches y chacales (Nadin-Davies et al. 2009). La problemática de este virus es que, cuando un animal es infectado, su porcentaje de mortalidad es del 100% (Wuner 2007).

* *María Luisa Méndez Ojeda. Tiburón 1265, Fracc. Costa de Oro, Boca del Rio, Veracruz. CP. 94299. lmendez@uv.mx, 01(229)9291770.

Esta enfermedad presenta dos ciclos, cada uno con diferentes reservorios: 1) el ciclo urbano, que afecta a perros, gatos y otros animales que viven en contacto directo con el hombre; y 2) el ciclo silvestre, que se concentra principalmente en dos reservorios terrestres (zorrillos y mapaches) y uno aéreo (los quirópteros) (Blackwood *et al.* 2013, Bárcenas-Reyes *et al.* 2015). El murciélago hematófago o vampiro común, es el reservorio más importante para el mantenimiento de la rabia paralítica bovina en México.

Los murciélagos hematófagos están distribuidos en regiones tropicales de América, desde el norte de México hasta el sur de Argentina; existen tres especies: vampiro común (*Desmodus rotundus*), vampiro de patas peludas (*Diphyla ecaudata*) y vampiro de alas blancas o de las aves (*Diaemus youngi*). Estos cohabitan en madrigueras, cuevas, pozos abandonados, grietas de casa y acantilados donde se agreden entre sí, favoreciendo la transmisión del virus. (Jiménez *et al*., 2006).
Dentro de los métodos del control de la rabia, existen dos formas contundentes para su prevención, uno indirecto con el uso de vacunas que se aplican a los animales susceptibles y otro, por la eliminación de los transmisores, dentro de los cuales se encuentra el murciélago hematófago (Labrandero *et al*., 1998).

Para el control de los murciélagos hematófagos, un método que resulta ser eficaz es el uso de ungüentos vampiricidas que contiene hidroxicumarina, la cual funciona como anticoagulante en los murciélagos hematófagos que la consumen al lamerla. Este se aplica en forma directa sobre los murciélagos capturados o bien, sobre el cuerpo del ganado en las áreas donde ha sido mordido (Flores, 1998). Tanto los métodos tradicionales como los selectivos muestran limitaciones en cada una de sus técnicas, lo que puede marcar la gran diferencia entre ellos con respecto a su eficacia; sin embargo, el efecto sobre los animales susceptibles, aspectos financieros e impacto sobre el medio ambiente que conduzcan a conocer la relación beneficio – costo, es algo a considerar antes de seleccionar alguno de ellos, a pesar de su aparente practicidad (Méndez, 2007).

Por otra parte, y además del potencial transmisión de la rabia al hombre, ya sea por la agresión directa de los vampiros o por entrar en contacto con animales susceptibles o infectados, las pérdidas económicas en la ganadería son muy altas, pero de muy difícil cuantificación. Dentro de estas últimas, pueden enumerarse el debilitamiento de los animales por pérdida de sangre, baja conversión alimenticia y mermas en la producción de leche por el estrés debido a las agresiones, depreciación de pieles, miasis y otras infecciones secundarias como consecuencia de las heridas que se infectan, hasta la propia muerte de los animales por rabia paralitica (Méndez, 2007).

Cabe señalar que, para la captura de los vampiros, es necesario realizar inversiones en materiales específicos que por la naturaleza del trabajo y las áreas donde se les emplea, tienden a deteriorarse. Por lo tanto, la depreciación de éstos debe ser considerada como el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un bien, por el uso que se haga de él. De esta forma, si un activo es utilizado para generar ingresos, este sufre un desgaste normal durante su vida útil que el final lo lleva a ser inutilizable. Así, el ingreso generado por el activo usado, se le debe incorporar el gasto correspondiente al desgaste que ese activo ha sufrido para poder generar el ingreso, puesto que como según señala un elemental principio económico, no puede haber ingreso sin haber incurrido en un gasto y, el desgaste de un activo por su uso, es uno de los gastos que al final permite generar un determinado ingreso, como ocurre con el equipo que se emplea para las capturas de los quirópteros en los hatos bovinos afectados El método de la línea recta es el método más sencillo y más utilizado por las empresas y consiste en dividir el valor del activo, entre la vida útil del mismo y que se calcula con la fórmula “valor del activo/vida útil”. Para utilizar este método primero debe determinarse la vida útil de los diferentes activos.

Material y Métodos

Localización.
Para poder efectuar este trabajo se localizó un rancho ganadero de doble propósito “Rancho Viveros” que presentaba severos problemas por agresiones de mordeduras por murciélagos, mismo que se

encuentra cerca de acantilados y cuevas, en el ejido El Carrizal, perteneciente al municipio de Emiliano Zapata, Veracruz.

Método de captura.
Debido a que los murciélagos hematófagos agreden por lo general a los mismos animales dentro de un hato, la captura de los primeros dentro de los corrales de manejo de los bovinos bajo una estrategia determinada debe contribuir a una disminución de las agresiones que les infringen y por tanto, también debe disminuir el riesgo de exposición al virus rábico. Por otro lado, como la estrategia de captura en corral tiene un costo determinado debido a la especialización del personal que se necesita para la identificación de murciélagos hematófagos, la inversión en redes de materiales especiales, trampas, equipo y ungüento vampiricida, resulta necesario conocer la relación beneficio – costo que tiene para un productor esta inversión en una zona rural, en la zona centro del estado de Veracruz.

En México, los productos vampiricidas en el mercado están apegados a la NOM-067-ZOO-2007 en artículo 11.1… "Los productos vampiricidas que se utilicen en la Campaña deben ser los elaborados con sustancias anticoagulantes (warfarina). Sus vehículos, dosificación, así como el mismo vampiricida deben contar con el registro oficial de la Secretaría".

El trabajo tuvo una duración de 12 meses, en este periodo se realizaron cinco capturas de corral, Estas capturas se realizaron de acuerdo con el calendario lunar y tomando en cuenta las condiciones climatológicas. Se revisó antes y después de realizar las capturas al total de los animales en el hato, para contabilizar las mordeduras frescas, registrando en cada ocasión el lugar de la mordedura
Para ello, se encerró el ganado por tres noches antes de la captura para "cebar" a los murciélagos hematófagos con sus presas y familiarizarlos con la ubicación del corral para alimentarse, se tomaron en cuenta las posibles vías de entrada de los murciélagos al corral, para colocar las redes de niebla en los sitios apropiados.

El día de captura se elige con el apoyo del calendario lunar, para esto se utiliza la aplicación "Luan" que indica la hora de salida y puesta del sol y de la luna, se elige el día óptimo de captura.

Para este trabajo se usaron tres redes niebla de 12 m de longitud por 1.5 m de altura, cada red se sostuvo con 2 varillas lisas de 3/8 pulgada de grosor, con una longitud de dos metros de altura, que se sujetaron al piso con estacas de varilla y tensadas con hilos de rafia. Proceso que se realizó unas dos horas antes de anochecer. Para contener a los murciélagos fue necesario el uso de jaulas de captura especiales para vampiros. Para esta la actividad, participó personal capacitado e inmunizado contra rabia; cada uno de ellos contó con el equipo necesario de protección: overol, guantes de carnaza, lámpara minera, botas de trabajo.

Las redes se colocan por la tarde ya aproximándose la hora de oscurecer, una vez colocadas se revisan con intervalos de 15 a 20 minutos. Hasta que los murciélagos hematófagos queden atrapados, se procede a quitarlo con cuidado de la red procurando no lastimarlo y a su vez no dañar la red; ya desenredados se colocan en las jaulas, procedimiento que se realiza hasta la hora programada y aparezca la luna en el firmamento; se retiran las redes y posterior a ello se procede a la revisión de cada murciélago, se identifican por especie, sexo, etapa reproductiva. Con cada uno de los murciélagos hematófagos sujetándolos con cuidado, se hizo la aplicación del ungüento vampiricida, en la parte del dorso y tórax, y posteriormente se liberaron, con el objetivo de que regresaran a su refugio y tengan contacto con los demás miembros de la colonia, contaminándolos con el compuesto al acicalar entre ellos la limpieza del cuerpo, ingieren el ungüento por lo que se en toxican y les causa la muerte.

Para poder realizar una cuantificación de las agresiones provocadas por murciélago hematófago, se tomaron en cuenta todas las mordeduras frescas observadas en los bovinos, así como también las que aún mantuvieran costra. Para la identificación de los animales en el hato se utilizó el número de arete SINIIGA, se tomó en cuenta sexo, color, condición corporal y región anatómica donde se

localizaban las agresiones, con esta información se obtuvo el promedio de mordeduras por animal y por hato.

Dentro del equipo que se emplea para la captura, existen diferencias con respecto a su durabilidad, así en el caso de varillas y estacas que se usan para fijar y tensar las redes, se sabe que pueden ser usadas por lo menos durante 20 capturas, por lo que de acuerdo al principio de valor del activo / vida útil, se estiman el costo, valor de vida útil y costo por captura. En el caso de las lámparas, redes y guantes, la duración es mucho menor, debido a que se trata de equipo que es menos resistente, en particular lo que corresponde a redes por ser muy frágiles y que con mucha facilidad son destruidas por otros animales silvestres o insectos, que de forma accidental quedan atrapados, de acuerdo con los conceptos que se plantean en el cuadro 1, porque se considera que este equipo de trabajo es de los más duraderos, aunque pudiera ser para más tiempo pero suele extraviarse o romperse al fijarse. Aunado a los costos por materiales por captura, también se requiere la pomada con Warfarina y rafia si bien es cierto que no son sujetos a depreciación, si forman parte del gasto corriente, pues deben ser adquiridos para cada una de las captura. Cuadro 1. Nos da un costo de materiales por captura de $1042.00 pesos, más el costo por traslados y honorarios en su caso. Calculando un total de $6500.00 pesos por captura.

Cuadro 1. Costo de materiales para captura.

Equipo	Costo por unidad	Valor del activo/vida útil	Costo/captura
Varillas	$90	(90/20)*6	$27.00
Estacas	$30	(30/20)*12	$18.00
Lámparas	$250	250/10	$25.00
Redes	$2,000	(2,000/10)*3	$600.00
Guantes	$120	120/10	$12.00
Ungüento	$100c/u		$300.00
Rafia	$60 rollo		$60.00
TOTAL			$1042.00

Para análisis estadístico del número de animales capturados y la zona de mordedura se utilizó un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución Poisson de los conteos de cada una de las cinco capturas. El modelo incluyo los efectos fijos de sexo y edad- condición (en el caso de las hembras).

Resultados

Se realizaron 5 capturas en un periodo de 12 meses, en estas se colectaron un total de 70 vampiros, siendo en la primera 30 animales y 4 en la última, teniendo una reducción del 86.67% de vampiros capturados. En cuanto al sexo y etapa productiva, en la primera captura se encontraron animales jóvenes y adultos e incluso hembras gestantes, lo que puede indicar que sea una colonia sana y en crecimiento; además, con estas capturas se evitó el nacimiento de más individuos que hiciera que esta colonia siguiera creciendo.

También se observa una disminución considerable en el número de animales capturados, de la primera a la segunda captura disminuyó un 60% (30/12). Sin embargo, de la segunda a la tercera, el número aumentó de 12 a 20. Esto se refleja por el tiempo transcurrido entre una captura y otra, debido a las condiciones climáticas que prevalecían en la zona.

Cuadro 2. Relación de Murciélagos Hematófagos capturados

Número de Captura	Macho Adulto	Macho Joven	Hembra Adulto	Hembra Joven	Hembra Gestante	TOTAL
1	5	6	4	7	8	30
2	2	2	1	3	4	12
3	7	3	3	2	5	20
4	1	3	0	0	0	4
5	1	1	1	1	0	4
TOTAL	16	15	9	13	17	70

Durante los 12 meses que duró el estudio, se efectuaron un total de 8 revisiones cada 45 días a la totalidad del ganado cebú sardo negro, para contabilizar las mordeduras frescas, registrando en cada ocasión el lugar de la mordedura. De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados: en la zona del cuello es donde hay más agresiones, con un 59.95% ($p<0.05$), seguido de las zonas de las orejas y la cola con 13.52 y 12.50%, respectivamente y, en menor número, la zona de los miembros y la paleta, como lo podemos observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Registro del lugar de mordedura por murciélago hematófago en el ganado.

Lugar de Mordedura	**Número de Mordeduras**	**Porcentaje (%)**
Cuello	235	59.95
Orejas	53	13.52
Cola	49	12.50
Cadera	40	10.20
Miembros	10	2.55
Paleta	5	1.28
Total	392	100

En un trabajo hecho por Flores Crespo (1998) en donde, en condiciones de campo y estudiando el comportamiento del vampiro al alimentarse en tres diferentes razas de ganado bovino – Holstein, brahman, charolais-, fue la raza holstein en la que los vampiros llegan directo a posarse sobre el cuerpo del bovino para hacer la mordedura; mientras que en las razas Brahman y Charolais la tendencia es que llegaran al suelo del corral y desde ahí iniciar el acoso para morderlos en diferentes partes del cuerpo. Estas diferencias en el lugar de la mordedura se deben al temperamento y reacciones defensivas de cada raza de ganado.

Cuando se analizan las agresiones en los bovinos en cada una de las revisiones, se nota que en el número de mordeduras hay un descenso en ellas, como se observa en el cuadro 4. Si se cuenta de la primera a la segunda revisión, hay una reducción del 41.54% (130/76), pero si se toma en cuenta que en la primera revisión se contó un total de 130 mordeduras y en la última 5, se observa una reducción de un 96.16% en el número de agresiones.

Cuadro 4. Relación de agresiones por vampiros en el hato.

Número de Muestreo	Número de Animales en el Hato	Número de Mordeduras	Promedio de Mordeduras por Animal
1	26	130	5.00
2	26	76	2.92
3	25	46	1.84
4	25	52	2.08
5	25	42	1.68
6	26	29	1.12
7*	15	12	0.80
8*	10	5	0.50

*Por conveniencia del propietario, se retiraron animales del hato.

En la primera revisión hay 5 mordeduras por animal y en la última 0.50, teniendo una reducción del 90% en el número de mordeduras por animal, lo cual nos indica que la realización de capturas continuas y extracción de murciélagos hematófagos reduce, por un lado, las probabilidades de la transmisión de la rabia paralítica bovina y por otro lado, el control poblacional de los murciélagos hematófagos sin el uso de warfarina.

Se revisan estos resultados con algunos otros trabajos en los que se usan otros métodos en la reducción de agresiones por vampiros. Se observa que en un estudio realizado por Montero Castro (2011) en un rancho de Soledad de Doblado, Ver., donde se utilizó un vampiricida sistémico para el control de murciélagos, evaluando el número de animales mordidos en el hato, hubo una reducción del 89.23% en agresiones. En el mismo municipio de Soledad de Doblado (Méndez, 2007) se reporta un 98.7% de reducción de animales mordidos al aplicar de igual manera el vampiricida sistémico.
En otro trabajo realizado por Silva Romero (2011) en un municipio de características similares, se observó la reducción del 83% de agresiones a diez días de haber aplicado un ungüento vampiricida sobre el lomo de los murciélagos hematófagos capturados.

Es importante realizar este tipo de investigaciones, donde se busque una reducción o control poblacional de los murciélagos hematófagos, puesto que estos también pueden alimentarse de otros animales tanto silvestres, como domésticos e incluso humanos. Es un problema que genera una alerta de salud pública y de la sanidad animal.

En 1996 se reportó un brote en una aldea de Venezuela, en un período de cuatro meses en la mina de oro de Papayal, en donde hubo 154 casos de agresiones por murciélagos vampiros; ahí todos los pacientes fueron mordidos durante la noche y la mayoría de las mordeduras estaban en sus dedos del pie (Carballo, 1996).

En otro reporte, el primer registro de *Desmodus rotundus* en el área urbana de la ciudad de Olinda, estado de Pernambuco, Nordeste de Brasil, llamó la atención sobre el posible riesgo de transmisión de rabia en este lugar. Después de la queja de una persona que observó a tres murciélagos que atacaban a su perro, imágenes que fueron capturadas con una cámara de vídeo de las 21:00 horas del 13 de febrero de 2004 a las 04:00 horas del día siguiente; ahí se registró alta frecuencia de actividad hematófaga y se observó la presencia de varias mordeduras en el cuerpo del perro. Este hallazgo representa un grave riesgo para la salud pública (Dantas, 2005).

Brussolo (2017) menciona en una nota periodística que se reportó un paciente fallecido por rabia quien fuera agredido por murciélago hematófago en Ciudad Victoria, Tamaulipas. “La Secretaría de Salud reportó la reaparición de rabia en humanos, con el caso de un paciente originario del Ejido Ocho de Mayo de Soto La Marina. El Subsecretario de Prevención y Promoción de la Salud, Alejandro García Barrientos, dio a conocer que el paciente falleció en 2016, tras ser mordido por un

murciélago y adquirir rabia. Señaló que es la primera vez en 36 años que aparece rabia en humanos en el estado, por lo cual de levantó cerco sanitario y se dio de nuevo el alta sanitaria. Comentó que el hombre fue trasladado al Hospital General de Victoria donde recibió atención y se le practicaron los estudios de laboratorio que arrojaron que la causa de defunción fue rabia." Y los dos últimos casos de rabia transmitida por murciélagos hematófagos presentados en dos niños en Oaxaca. (Secretaria de Salud, 2023).

Conclusiones

Las capturas consecutivas de murciélagos hematófagos en corrales de bovinos, permiten disminuir hasta en 96.16% el número de agresiones. La rabia paralítica bovina se puede prevenir mediante el adecuado control poblacional del murciélago hematófago, en conjunto con la oportuna vacunación de los bovinos. Los murciélagos hematófagos causan impactos significativos al sector ganadero, no solo por el riesgo de transmisión del virus de la rabia, sino por los costos que implican los tratamientos preventivos (vacunación) y los tratamientos profilácticos post-exposición (Anderson *et al.* 2014). Aunque se utiliza con mayor frecuencia la técnica de control de murciélagos, los mejores resultados para evitar el problema del derriengue es la aplicación de una programa de vacunación eficiente; sin embargo, el control del murciélago hematófago es una forma atenuante para evitar la constante pérdida de peso por desangramiento y la consecuente afectación económica que esto conlleva. El derriengue continua siendo un problema constante de salud en el sector agropecuario. El costo de materiales por captura que la inversión en las capturas resultó benéfica para los productores y sus animales.

Literatura

1. Bárcenas-Reyes, I., E. Loza-Rubio, H. Zendejas, H. Luna, G. J. Cantó & F. Milián. 2015. Comportamiento epidemiológico de la rabia bovina en la región central de México, 2001-2013. Revista Panamericana de Salud Pública 38(5): 396-402
2. Blackwood, J. C., D. G. Streicker, S. Altizer & P. Rohani. 2013. Resolving the roles of immunity, pathogenesis, and immigration for rabies persistence in vampire bats. PNAS 110 (51): 20837-20842.
3. Brussolo., R. 2017. Reaparece rabia en Tamaulipas; paciente fallece. Expreso marzo 28. Sec. Regional. México. (consultado el 03 de julio de 2017) http://elmanana.com.mx/noticia/131090/Reaparece-rabia-en-Tamaulipas;-fallece-paciente.html
4. Caraballo., 1996. Outbreak of vampire bat biting in a Venezuelan village. Rev Saude Publica. Oct.30 (5):483-4.
5. Dantas., 2005. First record of desmodus rotundus in urban area from the city of olinda, pernambuco, northeastern brazil: a case report. rev inst med trop sao paulo. Epub. Apr.47 (2):107-8
6. Flores C. R. 1998. Biología y control de murciélagos vampiros. En: La rabia en las diferentes especies, sus transmisores y su control. Ed. INIFAP–SAGAR 1º edición: agosto; p. 17,43.
7. Jaramillo y Medina, 2000. Centro de investigación en enfermedades zoonósicas y tropicales. Rabia un tema de la actualidad. Revista Quito, EDIMEC.
8. Jiménez., R. J. Alejandro. y De La Torre., G. David. 2006. Prevención de la Rabia Paralítica Bovina y control de la población de vampiros. Bayer de México, 1ª edición. 18-26 p.
9. Labrandero IE. Alvarado, De Paz, Flores-Crespo, 1998. Descripción de procesos empleados en las técnicas de control de vampiros y en la vacunación de de bovinos. En la rabia de diferentes especies, sus trasmisiones y control. Ed. INIFAP-SAGARPA 1ª edición agosto, 115-127 1998.
10. Méndez Ojeda ML. 2007. Diseño de un programa de estrategias para el control poblacional del murciélago hematófago en una región rural con elevado índice de agresión en las diferentes especies de interés pecuario. Tesis Maestría FMVZ UV.

11. Montero, C. R. P. 2011. Uso de vampiricida inyectable para el control Murciélagos Hematófagos, en el municipio de Soledad de Doblado, Ver. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. México. 20 p.
12. Nadin-Davies, S. A., M. Sheen & A. I. Wandeler. 2009. Development of real-time reverse transciptease polymerase chain reaction methods for human rabies diagnosis. Journal of Medical Virology 81: 1484-1497.
13. Silva., R. J. 2011. Monitoreo de mordidas de murciélagos hematófagos antes y después de captura y tratamiento, en un hato lechero de la comunidad de loma del carmen, en el municipio de Cotaxtla, Ver. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver., México. 23p.
14. Wunner, W. H. 2007. Virus. Pp. 23-69, In: A. C. Jackson & W. R. Wunner (Eds.), Rabies. 2nd. Edition, Elsevier, Ontario, Canadá.

CONCORDANCIA ENTRE PRUEBAS DE ELISA, PCR Y AISLAMIENTO BACTERIANO, PARA DIAGNÓSTICO DE LINFADENITIS EN OVINOS Y CAPRINOS.

López M.D., Flores J.N.G., Sánchez G.V.H*., Chávez B.S., Martínez S.M.G., Morales A.J.F.

Resumen

En el ganado caprino y ovino una de las enfermedades más comunes es la linfadenitis caseosa (LC), el agente causal es *Corynebacterium pseudotuberculosis,* una bacteria Gram positiva con varios factores de virulencia. La enfermedad se presenta de dos formas: la cutánea, con la presencia de abscesos en linfonodos de los animales que, al momento de ser desbridados expiden material purulento color verde pistache, y la forma visceral, que es más difícil de diagnosticar, ya que produce la pérdida gradual de peso y eventualmente la muerte. En este trabajo comparamos las pruebas diagnósticas que se tienen disponibles en nuestro país para la LC. Se comparó el aislamiento bacteriano, que es la prueba diagnóstica de oro para esta enfermedad con la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y el ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA). Se obtuvieron muestras de material purulento de animales con diagnóstico clínico a LC; las muestras se llevaron al Laboratorio de Diagnóstico del CENID-SAI, sede Palo Aalto, INIFAP, donde se hicieron los cultivos bacterianos a partir de las muestras colectadas; se aislaron colonias sugestivas a *C. pseudotuberculosis* a las que se les realizó la prueba de PCR para corroborar el diagnóstico. También se tomaron muestras de sangre a los mismos animales con signos clínicos y a animales clínicamente sanos para obtener suero y realizar las pruebas de serología. Los resultados obtenidos en las pruebas de PCR y ELISA-I se compararon con los resultados del asilamiento bacteriano, y se calculó el índice de concordancia *kappa* (*k*); para el caso de PCR se obtuvo un valor para *k* de 1, indicando una concordancia casi perfecta. En la prueba de ELISA-I se obtuvo un valor de *k* de 0.6053, que corresponde a una concordancia moderada. La concordancia entre la prueba de PCR y ELISA-I fue de 0.6619 que es un índice de concordancia sustancial. Por último, se compararon los resultados del diagnóstico por cuadro clínico y los de ELISA-I, obteniendo un valor de *k* de 0.4050, que es un valor mediano. También se calculó la sensibilidad y especificidad de las pruebas, resultando para la prueba de ELISA-I con un 81.25% de sensibilidad y 20% de especificidad, y para la prueba de PCR valores de 100% de sensibilidad y 100% de especificidad. Los valores de ELISA-I difieren con los resultados que se encuentran en otros trabajos similares y los de PCR son similares a los que se pueden encontrar en la literatura.

Introducción.

En México como en otras partes del mundo, la búsqueda de la seguridad nacional es una prioridad, para ello son muy importantes las actividades productivas del sector primario; la ganadería es pieza fundamental de este sector pues provee una gran variedad de productos pecuarios que son base de la alimentación principalmente. Actualmente el ganado ovino tiene un 0.3% de participación nacional en la producción pecuaria, principalmente por la producción de carne; los caprinos por otro lado, participan un 0.9% mayormente por la producción de leche (0.7%). Las enfermedades infecciosas han acompañado a la humanidad desde el inicio de los tiempos. En los últimos siglos se han ido generando métodos de diagnóstico y tratamiento para las enfermedades que más estragos dejaban. Sin embargo, todavía se sigue padeciendo de estas. la linfadenitis caseosa (*LC*) una enfermedad conocida desde hace varios siglos. Es conocida también como pseudotuberculosis, apostema de los ovinos, enfermedad de Preisz-Nocard. (1, 2) Esta es una enfermedad de cursos crónico caracterizada por la aparición de piogranulomas (*abscesos*) en linfonodos. Afecta a ovinos y caprinos domésticos, ferales y según algunos autores, silvestres. (3) No se caracteriza por causar gran mortandad ya que tiene poco efecto en la salud general de los animales, a menos que se generalice la enfermedad, su mayor efecto en la producción es por las pérdidas económicas que genera debido a los decomisos de canales, disminución en la producción de leche, carne y lana, también se

* Víctor Hugo Sánchez González. Calle Hacienda la florida número 62 planta baja, colonia jardines de la hacienda, Cuautitlán Izcalli, estado de México, cp: 54720. morales62@yahoo.com. 5529724387.

menciona que está relacionado con el síndrome de debilitamiento progresivo. (3, 1, 4, 5, 6, 7) LC está presente en todos los continentes habitados, principalmente en países que tienen una gran producción de pequeños rumiantes, como Australia, Nueva Zelanda, Reino Unido, Los Países Bajos, Estados Unidos, Argelia, Irán, Argentina, España, Francia, Noruega, México etc. (8, 3). En la zona norte de México, en las regiones áridas de Durango y Coahuila donde se produce leche de cabra principalmente, aunque también carne de ovino y caprino, se han reportado prevalencias de entre 2 y 5%. El agente etiológico de LC es la bacteria *C. pseudotuberculosis,* es parte de la familia Actinomycetaceae y parte del grupo CNMR, que contiene bacterias de los géneros *Corynebacterium, Nocardia, Mycobacterium* y *Rhodococcus,* porque están relacionadas filogenéticamente. *C. pseudotuberculosis* es una bacteria intracelular facultativa Gram positiva, es pleomórfica, no esporulada, sin cápsula, fimbriada, no es ácido alcohol resistente. Posee una pared celular quimiotipo IV (con ácido meso-diaminopimélico), compuesta principalmente por peptidoglicanos, arabinogalantán y ácidos micólicos, ácidos grasos celulares de cadena corta saturados e insaturados. Suele agruparse en forma de letras chinas. Los ácidos micólicos son similares a los de *Mycobacterium*. *C. pseudotuberculosis.* En medios sólidos forma colonias blanquecinas, secas y de consistencia friable. El hipoclorito de calcio y la formalina pueden inactivar esta batería, sin embargo, son poco eficaces cuando hay gran cantidad de materia orgánica. (1, 8, 9)

C. pseudotuberculosis, posee varios factores de virulencia como glucolípidos y ácidos micólicos en la pared y las exotoxinas fosfolipasa D (PLD) y la esfingomielinasa, (las principales y más estudiadas son los ácidos corinomicólicos y la PLD). (1)

La PLD es una glicoproteína con una composición similar al colágeno. Las fosfolipasas son enzimas capaces de hidrolizar una o más enlaces éster en glicerofosfolípidos. En las células eucariotas las fosfolipasas colaboran con la trasmisión de señales y mantenimiento de la membrana. En *C. pseudotuberculosis* la PLD ayuda a la protección de la bacteria y se ha encontrado en los aislamientos de las dos biovariedades conocidas en México: *ovis* y *equi,* clasificadas así por la capacidad de reducir nitrato, *ovis* siendo incapaz de reducirlo y afectando principalmente a pequeños rumiantes. (6, 10) También se sabe que cuando se elimina el gen *pld* se ha observado que la bacteria se vuelve incapaz de formar los abscesos. (8) La PLD inhibe la quimiotaxis de los neutrófilos, la degranulación de células fagocíticas, y activa el sistema del complemento por la vía alterna. (1) Los abscesos de forman cuando hay una gran acumulación de microorganismos, la fagocitosis por parte de las células de defensa, y la degeneración celular de las mismas que genera la liberación de enzimas lisosomales. (3, 2, 8). El periodo de incubación de la inoculación, hasta la formación de los abscesos es de 2-6 meses. En la forma visceral los órganos más afectados por la infección natural son los pulmones. (8) En los pulmones generan también bronconeumonías, pleuritis que genera adherencias fibrinosas en la pared torácica o diafragma. Los linfonodos más afectados en las infecciones viscerales son los mediastínicos y bronquiales. (8, 2, 1, 11) mientras que en la forma superficial afecta los linfonodos retrofaríngeos, parotídeos, poplíteos, submandibulares, preescapulares precrurales y mamarios, y la visceral. El aislamiento bacteriano es el diagnóstico definitivo para LC, este se puede hacer a partir de material purulento recuperado de los abscesos debridados, se puede tomar con punción o por medio de hisopados. Se han desarrollado varias pruebas serológicas para el diagnóstico de LC como las pruebas de aglutinación en tubo, fijación del complemento, hemoaglutinación indirecta, precipitación por difusión en gel, inhibición de antihemolisina, inhibición de la hemolisina. (11) La prueba de análisis de inmunoensayo de adsorción (ELISA) ha demostrado tener los mejores resultados para el diagnóstico de LC. La PCR, es la prueba más rápida y específica de la que se dispone en la actualidad. Se han desarrollado pruebas simples que detectan el gen *rpo*B y pruebas múltiples que amplifica los genes 16S rDNA, *rpo*B y PLD. La PCR simple tiene la desventaja de no poder diferenciar entre *C. pseudotuberculosis* y *C. ulcerans*¸ la PCR múltiple si puede hacerlo ya que toma encuentra varios genes a al a vez. (12, 9, 13).

Materiales y Métodos

Se recolectaron muestras de sangre y exudado de lesiones de ovinos y caprinos con signos sugestivos a linfadenitis caseosa, y solo muestras de sangre a igual número de animales aparentemente sanos. Las muestras provenían de diferentes unidades de producción ubicadas del centro del país, entre los meses de enero de 2020 y junio de 2021.

El exudado fue recolectado con un hisopo con medio de transporte Stuart, previa desinfección y desbridación de los abscesos, se realizó el hisopado evitando tocar la piel y recolectando solo contenido purulento. Las muestras fueron transportadas en refrigeración al Laboratorio de Diagnóstico del CENID - SAI del INIFAP. Los sueros fueron separados por centrifugación y almacenados en congelación a -20 °C hasta su uso. Los hisopos para análisis bacteriológico fueron procesados al momento de su llegada al laboratorio.

Aislamiento Bacteriano

Para el aislamiento bacteriano, los hisopados fueron sembrados en agar sangre y se dejaron incubar de 24 a 48 horas a 37 C. Con el fin de purificar los aislados, se dio pase a un medio nuevo a las colonias que por sus características morfológicas eran compatibles con *C. pseutotuberculosis*, y se realizaron frotis de las colonias sugestivas, los cuales fueron teñidos con la tinción de Gram y se observaron al microscopio para su identificación microscópica.
Se cosecharon las colonias obtenidas y se colocaron en un medio de conservación para posteriormente realizar la prueba de PCR.

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

Se realizó una PCR multiplex que amplifica fragmentos de tres genes que permiten la identificación de *C. pseudotuberculosis,* lo cual se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Iniciadores utilizados en el PCR múltiplex para la detección de ADN de *C. pseudotuberculosis.*

Secuencia 5´-3	Gen de detección	Fragmento de amplificación (pb)	Interpretación
16s F ACCGCACTTTAGTGTGTGTG *16S R* TCTCTACGCCGATCTTGTAT	Gen 16S r RNA	816	Identifica el género *Corynebacterium*
pld F ATAAGCGTAAGCAGGGAGCA *pld* R1 ATCAGCGGTGATTGTCTTCC *pld* R2 ATCAGCGGTGATTGTCTTCCAGG	*pld*	203	Identifica la especie *pseudotuberculosis*
C2700F CGTATGAACATCGGCCAGGT C3130R TCCATTTCGCCGAAGCGCTG	*rpo*B	446	Identifica el género *Corynebacterium*

Se amplificaron tres fragmentos de genes presentes en el genoma de *C. pseudotuberculosis,* el gen *16S* está presente en varias bacterias del género *Corynebacterium,* sin embargo, no nos permite determinar la especie de la cual se trata. El gen *pld* es expresado por bacterias piógenas para producir la Fosfolipasa D. El gen *rpo*B tiene una función similar al 16s, ayuda a determinar el género *Corynebacterium,* sin embargo, este fragmento es más polimórfico que el 16s

Los aislamientos sugestivos de *C. pseudotuberculosis* fueron subcultivados durante 48 horas a 37 °C, para posteriormente ser cosechados y utilizados para la extracción de ADN. Para esto se utilizó un kit comercial denominado “Quick-DNA Miniprep” (Zymo research, EUA) de fabricación estadounidense, se siguieron los protocolos establecidos por el fabricante.
Los iniciadores utilizados fueron proporcionados por el Laboratorio de Diagnóstico del CENID SAI, INIFAP, dichos iniciadores han sido probados en trabajos previos. (14)
Los fragmentos de amplificación fueron visualizados en geles de agarosa al 2% resaltados con un colorante fluorescente de ácidos nucleicos (Gel Star™. Lonza Rockland, Inc.) y con ayuda de luz ultravioleta. (Fig. 1)

ELISA-I

Se utilizó un ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas indirecto (ELISA-I) para detectar anticuerpos contra antígenos de *C. psudotuberculosis,* en animales con signos de la enfermedad y de forma comparativa en animales sin manifestaciones clínicas. La razón de muestrear animales aparentemente sanos fue por la posibilidad de que existan animales con la enfermedad subclínica o visceral.

Para esta prueba se utilizó como base antigénica a detectar, antígenos somáticos obtenidos por sonicación de dos cepas. Una cepa ATCC de *C. pseudotuberculosis* y una de campo aislada de un semental ovino en el estado de Tlaxcala, México, denominada "cepa Robus", la cual fue identificada y caracterizada en el CENID SAI del INIFAP. (15)

La técnica de ELISA-I fue realizada de acuerdo con el protocolo estandarizado y descrito por Corona 2011. Para ello se utilizaron placas de polipropileno de 96 pozos fondo plano, mismas que fueron sensibilizadas (antigenadas) con 50 µL de los antígenos sonicados de acuerdo con Pérez 2017 de las cepas ATCC y Robus a una dilución de 1:80 en solución de carbonato-bicarbonato (CABI) (Na_2CO_3, 3.5 gr + $NaCO_3$, 8.4gr + Agua destilada CBP 1.0L). (15, 16)

En cada pozo se colocaron las muestras de suero (50µL) obtenidas de los animales bajo estudio. Se utilizaron sueros controles positivo y negativo. De acuerdo con el protocolo estandarizado, todos estos sueros se utilizaron a una dilución 1:20 en una solución de CABI.

Las placas se incubaron durante 1 hora a 37 °C con agitación de 60 rpm y posteriormente se realizó un lavado con Tween 20.

Después se colocaron 50 µL del anticuerpo secundario (anti-1gG de ovino) conjugado con peroxidasa para las muestras de ovino. En el caso del control negativo y control positivo, se utilizó una anti-IgG de conejo conjugada con peroxidasa debido a que estos antisueros se produjeron en conejos. Posteriormente se incubaron a 37 °C por una hora con sus posteriores lavados con tween 20.

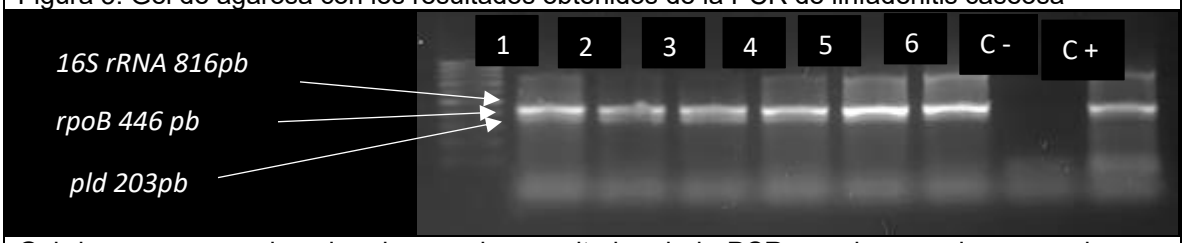
Finalmente se colocaron 50 µL de una solución de 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) y se dejó incubar a temperatura ambiente por 5 minutos para después leer la placa a 405 nm en el espectrofotómetro utilizando programa Gene 5.

Resultados

De las 53 muestras colectadas en diferentes centros de producción en la región centro del país de los estados de México, Hidalgo y Puebla, 30 eran de animales que presentaban cuadro clínico evidente (presencia de absceso) sugestivo de linfadenitis caseosa y 23 muestras de animales aparentemente sanos.

Las bacterias aisladas a partir de material purulento se les hizo extracción de ADN y posteriormente la prueba de PCR punto final, con la que se confirmó que los aislamientos correspondían a *C. pseudotuberculosis*. Los resultados se muestran en la Figura 1.

Figura 3: Gel de agarosa con los resultados obtenidos de la PCR de linfadenitis caseosa



Gel de agarosa en el cual se leyeron los resultados de la PCR, se observan la presencia muy marcada, principalmente del gen *pld*

A los animales diagnosticados clínicamente enfermos se les hicieron las tres pruebas (en algunos casos solo PCR o solo aislamiento) y a los animales sanos solo se les hizo la prueba de ELISA-I. En el análisis bacteriológico, de las 30 muestras de exudado purulento a las cuales se les realizó el cultivo bacteriano, 24 muestras (80%) mostraron crecimiento de bacterias sugestivas de ser *C. pseudotuberculosis* lo cual fue confirmado por el PCR (Tabla 1). Las otras 6 (20%) mostraron

crecimiento de otros agentes piogénicos como *Sthaphylococcus* spp y *Streptococcus* spp y evidentemente estas muestras resultaron negativas al PCR para *C. pseudotuberculosis*.

Tabla 1. Resultados del análisis bacteriológico de muestras obtenidas a partir exudados de animales clínicamente enfermos de linfadenitis caseosa y su identificación por PCR		PCR *C. pseudotuberculosis*
Aislados sugestivos de *C. pseudotuberculosis*	24	24
Aislados sugestivos de *Staphylococcus* spp	4	0
Aislados sugestivos de *Streptococcus* spp	2	0
Total	30	24

Para la prueba de ELISA-I de utilizó un punto de corte de 0.400 de densidad óptica a una longitud de onda de 405 nm, de acuerdo con lo descrito por Corona 2011 (15). Se procesaron 44 muestras de suero, en donde se obtuvieron 32 (72.7%) sueros positivos y 12 (27.3%) negativos.
Se calculó el *coeficiente k* para determinar el índice de concordancia entre las pruebas de diagnóstico utilizadas en este trabajo.
Para el diagnóstico de linfadenitis caseosa se considera al aislamiento bacteriano como la prueba de oro por lo tanto la prueba de PCR como el ELISA-I, se compararon con dicha prueba.
La fórmula utilizada para calcular el índice *k* es la siguiente:

$$k = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

Donde Po es la proporción observada y se calcula con la fórmula:

$$Po = \frac{(a + d)}{n}$$

Y la Pe, que es la proporción esperada, a su vez se calcula con la fórmula:

$$Pe = \frac{(ct + su)}{n^2}$$

Los valores de *k* obtenidos se compararon con una tabla de valores establecida por Landis y Koch en 1977. (17)

Se comparó la prueba de aislamiento bacteriano con la PCR. En la Tabla 2 se observa la concordancia entre ambas pruebas. Como puede observarse la concordancia es del 100% entre positivos y negativos, y nulas discrepancias. Los resultados positivos fueron 24 para ambas pruebas y 6 los resultados negativos.

Tabla 2: Comparación de los resultados obtenidos en las pruebas de AB y PCR,				
Aislamiento bacteriano (AB)	PCR			
		(+)	(-)	
	(+)	24	0	24
	(-)	0	6	6
		24	6	30

El valor de *k*, obtenido en esta comparación fue de 1.00, siendo esta una concordancia casi perfecta, de acuerdo con la tabla de Landis y Koch
En la prueba de ELISA-I se analizaron 21 muestras a las cuales se les realizaron las pruebas de Aislamiento bacteriano (AB) y ELISA-I, los datos resultantes están en la Tabla 3, en donde se observa la diferencia de la comparación entre AB y PCR valores en las casillas de discrepancia.

Tabla 3: Comparación de resultados entre las pruebas de AB y ELISA-I				
Aislamiento bacteriano	ELISA-I			
		(+)	(-)	
	(+)	13	4	17

	(-)	3	1	4
		16	5	21

El índice *k* para estas pruebas fue de 0.6053, valor menor al encontrado entre las pruebas de AB y PCR pero que es moderado.

También se realizó la comparación entre los datos de PCR y ELISA-I entre sí, utilizando el mismo procedimiento anteriormente descrito. En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos de 20 muestras a las cuales se le hicieron ambas pruebas.

Tabla 4: Comparación de resultados entre las pruebas de PCR y ELISA-I, realizadas a 26 muestras.

		ELISA-I		
		(+)	(-)	
PCR	(+)	13	4	17
	(-)	2	1	3
		15	5	20

El valor de *k* obtenido en la comparación entre los resultados de la prueba de ELISA-I y PCR fue de 0.6619 siendo este un índice sustancial.

Por último, se hizo la comparación entre la prueba de ELISA-I y el diagnóstico basado en el cuadro clínico (CC), solo se comparó el CC con la prueba ELISA-I, debido a que esta prueba se realiza con muestras de suero sanguíneo, a diferencia de las otras en donde necesita el material purulento recolectado de los abscesos superficiales. En la Tabla 5, se observan los datos utilizados para hacer el cálculo de *k*; en esta tabla se incluyen los resultados obtenidos en las pruebas que se hicieron a los animales clínicamente sanos.

Tabla 5: Comparación de resultados entre las pruebas de CC y ELISA-I.

		ELISA-I		
		(+)	(-)	
CC	(+)	16	16	32
	(-)	5	7	12
		21	23	44

En este caso el índice *k* fue de 0.405, lo cual se considera como una concordancia mediana.

Se puede observar que el valor más alto es entre las pruebas de AB y PCR con un valor de 1, mientras que el valor más bajo es el del CC y ELISA-I, con el valor de 0.4058.

Con los datos disponibles también se calculó la sensibilidad y especificidad de la prueba de PCR y ELISA-I. Para dichos cálculos se acomodaron los datos en una tabla de 2x2 y la sensibilidad y especificidad se obtuvieron con las siguientes fórmulas:

$$sensibilidad = \frac{a}{a+c}$$

$$especificidad = \frac{d}{b+d}$$

Podemos obtener los valores de sensibilidad y especificidad de las pruebas de PCR y ELISA-I al compararlas con la prueba de oro, que es el AB, debido a que cuando esta es positiva la enfermedad está presente, y cuando es negativa la enfermedad está ausente.

La sensibilidad y especificidad de la prueba de PCR fue del 100% en ambos casos; mientras que para la prueba de ELISA-I, la sensibilidad fue de 81.25% y la especificidad fue el 20%.

Discusión

En el presente trabajo la PCR fue la que obtuvo mejores resultados, su índice de concordancia con respecto a la prueba de oro es de 1; en cuanto a sensibilidad y especificidad, también se obtuvieron valores de más del 80% para ambos casos. Oreyby en 2014, señaló que la sensibilidad de esta prueba es del 94.6% (12). En el caso de la sensibilidad y la especificidad de la PCR se obtuvieron valores de 100% para ambos casos, resultados que se corresponden con el índice de concordancia

obtenido. Kumar en 2013 (19) también presenta la comparación entre resultados obtenidos en la prueba de Aislamiento bacteriano y los obtenidos en la prueba de PCR realizada a partir de aislados bacterianos y a partir del material purulento directo, con los datos presentados se pudo obtener un índice *k* para la prueba de PCR a partir de cultivo bacteriano de 1.00, y para la prueba a partir del material purulento el valor de *k* fue de 0.8898, en general la concordancia para ambos casos es casi perfecta, lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, cuyas muestras fueron obtenidas a partir de material purulento de abscesos debridados de animales que tuvieron un diagnóstico clínico positivo a linfadenitis caseosa.
Varela en 2018 (20) hace un estudio similar en México, y coincide que la mejor manera para identificar a *C. psudotuberculosis* es utilizando los tres iniciadores que hemos utilizado en este trabajo.
En la mayoría de los estudios que han trabajado con PCR para detección de *C. pseudotuberculosis,* se han utilizado tres iniciadores que codifican a los fragmentos de genes de *pld*, *16S* y *rpo*B. Almeida utiliza, además, iniciadores que codifican al gen *narG*, que se utiliza para diferenciar entre *C. pseudotuberculosis* biovar *ovis* y biovar *equi*. En este trabajo se utilizó se utilizó la prueba propuesta por Corona en el 2011 (15) ya que toma en cuenta los tres genes antes mencionados.

En el caso de la prueba de ELISA-I se obtuvo el valor de sensibilidad de 81.25% y el valor de especificidad de 20%, estos datos varían en comparación con los datos que presenta Baird & Fontaine en 2007, ya que indican una sensibilidad de 86.3% y una especificidad de 82.1% para una prueba de ELISA-I basada en antígeno PLD obtenido por tecnología recombinante; lo que la hace más sensible y específica. Respecto a la baja especificidad de la prueba de ELISA-I en este trabajo, esta puede deberse a diferentes factores relacionados con la realización de la prueba; por ejemplo, en trabajos como el de Corona del 2011 (15) y el de Pérez del 2017 (16) hacen la lectura en el espectrofotómetro con una longitud de onda de 450nm, en otros trabajos como el de Froes del 2020 (21) para leer los resultados de la prueba de ELISA-I utiliza longitud de onda de 492nm, en este trabajo se utilizó para la lectura, una longitud de onda de 405nm, Binns en 2007 utiliza el mismo valor para hacer sus lecturas. La calidad de los antígenos utilizados puede ser otra causa de la gran diferencia entre nuestros resultados y los obtenidos por otros autores, los autores citados obtuvieron los antígenos al momento de hacer su trabajo, en este caso, los antígenos ya los tenían almacenados el laboratorio ya que se utilizaron en trabajos previos.
Corona en 2011 (15) indica que la prueba que utilizamos en este trabajo posee una sensibilidad de 85.71% una especificidad de 71.43%; en base a estos resultados, es evidente que los datos obtenidos en este trabajo difieren considerablemente del reportado por Corona en 2011; sin embargo, al obtener el índice *k* para la comparación entre la prueba de ELISA-I y el aislamiento bacteriano se observa una concordancia moderada, con un valor de *k* de 0.6053.
La concordancia entre el diagnóstico clínico y el diagnóstico con la prueba de ELISA-I fue la más baja entre las comparaciones realizadas, ya que tuvo un valor de *k* de apenas 0.4058 que se considera una concordancia moderada. Binns y otros autores señalan que la prueba de ELISA-I es capaz de detectar la enfermedad en animales que fueron diagnosticados como clínicamente sanos. Mencionan que se pueden dar falsos positivos en lugares donde hay vacunación contra LC. También se menciona que, a diferencia del aislamiento bacteriano y la PCR, la prueba de ELISA sería más eficiente para detectar casos de la presentación visceral de la enfermedad; Gutiérrez en 2022 menciona que con la prueba de ELISA-I obtiene resultados positivos en muestras de animales aparentemente sanos.
En lugares donde hay vacunación, también es común encontrar falsos positivos a la prueba de ELISA-I, Windsor menciona que Australia se tiene una estrategia de vacunación (7), lo mismo pasa en países como Brasil (9), Países Bajos (8), donde se utilizan vacunas comerciales a base de la toxina PLD, lo que genera una respuesta humoral que interfiere con el diagnóstico. En nuestro país se utilizan principalmente autovacunas, en números muy reducidos.

Conclusión

En este trabajo se observó que para el diagnóstico de laboratorio de LC la prueba de PCR ha sido la que presenta mejores resultados, puesto que al compararla con el estándar de oro no se ha

observaron diferencias entre ambas pruebas. Sin embargo, adolece de los mismos problemas que el diagnóstico por aislamiento bacteriano debido a que solo se puede utilizar cuando la enfermedad presenta signos clínicos. La prueba de ELISA-I podría ayudar para detectar casos de la enfermedad subclínica o visceral debido a que no requiere del material purulento para realizarla; sin embargo, debido a la baja especificidad obtenida en este trabajo, no se tiene certeza de la viabilidad de la prueba; empero, otros autores, esta prueba es buena opción para el diagnóstico de LC. Nuestros resultados muestran que se debe ajustar la prueba para obtener una análisis más confiable y adaptado a nuestra región, y que una de las principales desventajas es la complejidad en los pasos necesarios para realizarla.

Referencias

1. Belchior SE, Gallardo A, Abalos A, Jodor N, Jansen O. Actualización sobre linfoadenitis caseosa: el agente etiológico y la enfermedad. Veterinaria Argentina. 2006; 23(224).
2. Batey RG. Pathogenesis of caseus llymphadenitis in sheep and goat. Australian Veterinary Journal. 1986; 63(9).
3. Pépin M, Paton MW. Caseous lymphadenitis in sheep and goat. En Lefevre P, Blancou J, Chermette R, Uilenberg G, editores. Infectious and Parasitic Diseases of Livestock. Francia : Lavoisier; 2011. p. 1153-1165.
4. Cebra C, Cebra M. Diseases of the Hematologic, immunologic, and Lynphatic System (Multisystem Diseases). En Pugh DG, Baird AN, Edmonson MA, Passler T. Sheep, Goat, and Cervid Medicine. Alabama: Elsevier; 2020. p. 466-502.
5. Zaldivar N, Ortiz L, Puebla H, Almaguer YP&Y. Caracterización clínico-hematológica, bioquimica y anatomopatológica de la seudotuberculosis ovina. Rev. prod, anim,. 2002; 14(1).
6. Blood DC, Henderson JA, Radostis OM. Medicina Veterinaria. 5th ed. México DF : Interamericana; 1982.
7. Windsor PA. Control of Lymphadenitis Caseous. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2011; 27(1).
8. Fontaine GJB&MC. Corynebacterium pseudotuberculosis and its role in ovine Caseous Lymphadenitis. J Comp. Path.. 2007; 137(4).
9. Guimaraes S, Borges F, Barbosa R, Seyffert N, Ribeiro D, Pereira A, et al. Caseous lymphadenitis: epidemiology, diagnosis, and control. IIOAB J. 2011; 2(11).
10. Parise D, Parise MT, Viana MV, Muñoz-Bucio Av, Cortés-Péres YA, Arellano-Reynoso B, et al. First genome sequencing and comparative analyses of Corynebacterium pseudotuberculosis strains from Mexico. Stand Genomic Sci. 2018; 13(21).Carrillo M, Hernández JLO&JR. Prevalencia de linfadenitis caseosa en hatos caprinos de la comarca lagunera de Durango. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 2005; 4(1). (ANTES 10)
11. Williamson LH. Caseus Lymphadenitis in small ruminants. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2001; 17(2). Paton MW, Walker SB, Rose IR, Watt GF. Prevalence of caseous lymphadenitis and usage of caseous lymphadenitis vaccines in sheep flocks. Aust. Vet. J. 2003; 81(1). (ANTES 11)
12. Oreiby AF. Diagnosis of caseous lymhadenitis in sheep and goat. Small Rumin Res. 2014; 123(1). Paton MW, Rose IR, Hart RA, Sutherland SS, Mercy AR, Ellis TM, et al. New infection with Corynebacterium pseudotuberculosis reduces wool production. Aust. Vet. J. 1994; 71(2).
13. Çetinkaya B, Karahan M, Atil E, Kalin R, Baere TD, Vaneeehoutte M. Identification of Corynebacterium pseudotuberculosis isolates from sheep and goats by PCR. Vaterinary Microbiology. 2002; 88(1).
14. Gutierrez D. Diagnóstico de situación de las principales enfermedades que afectan a los ovinos en diferentes unidades de producción ovina en algunas comunidades del estado de México. Cuautitlán Izcalli: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

15. Corona R. Evaluación de dos pruebas de fiagnóstico para linfadenitis caseosa en ovinos utilizando tres metodos de obtenciónde antígenos de Corynebacterium pseudotuberculosisulosis. Cuautitlan Izcalli: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
16. Pérez E. Respuesta serológica de ovinos vacunados y revacunados contra linfadenitis caseosa. Cuautitlán Izcalli: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
17. Abraira V. El indice kappa. SEMERGEN-Medicina de Familia. 2001; 27(5).
18. Pacheco L, Pena R, Castro T, Dorella F, Bahia R, Carminati R, et al. Multiplex PCR assay for identification of Corynebacterium pseudotuberculosis from cultures and for rapid detection of this pathogen in clinical samples. Journal of Medical Microbiology. 2007; 1(56).
19. Kumar J, Tripathi BN, Kumar R, Sonawane GG, Dixit SK. Rapid detection of Corynebacterium pseudotuberculosis in clinical samples from sheep. Trop. Anim. Healt Prod.. 2013; 45(6).
20. Varela JA, Oca RMd, Acosta J, Hernández F, Morales-Erasto V, Monroy HG. First report of insolation and molecular characterization of the pathogenic Corynebacterium pseudotuberculosis from of sheep and goats in México. Microb Pathog. 2018; 117(1).
21. Froes AP, Rocha JR, Beutinger S, Santana L, Souza A, Aquino MC, et al. rSodC is a potential antigen ti diagnose Corynebacterium pseudotuberculosis by enzyme-linked immunoassay. AMB Expr. 2020; 10(186).
22. Binns S, Green LE, Biley M. Development and validation of an ELISA to detect antibodies to Corynebacterium pseudotuberculosis in ovine sera. Vet. Microbiol. 2007; 123(1-3)

F

RECUENCIA SEROLÓGICA Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA LEPTOSPIROSIS EN REBAÑOS CAPRINOS LECHEROS, EN SIETE COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO, MÉXICO.

Musito-Moreno A.S*., Gutiérrez-Hernández J.L., Palomares-Resendiz E.G., Díaz-Aparicio E., Avalos-Castro R., Tufiño-Loza C., Herrera-López E.

Resumen

La leptospirosis es una enfermedad infecto-contagiosa y zoonótica causada por bacterias del género *Leptospira,* especie *L. interrogans.* Se caracteriza por provocar trastornos de tipo reproductivo en el ganado, como reabsorciones embrionarias, abortos, retenciones placentarias, mortinatos y muerte perinatal; debido a esto se considera una enfermedad relevante que provoca un impacto negativo en la productividad de los rebaños. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia serológica y los factores de riesgo asociados a la leptospirosis en rebaños caprinos lecheros en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato. Se encuestaron a 32 productores de 7 comunidades y se realizó el diagnóstico de la leptospirosis por medio de la técnica de aglutinación microscópica (MAT, por sus siglas en ingles) en los rebaños caprinos. Se determinaron los factores de riesgo asociados a la leptospirosis en los rebaños, así como la frecuencia serológica de las serovariedades de *Leptospira* spp más frecuentes. Se obtuvo un total de 743 muestras, el 58% de ellas mostraron seropositividad a al menos una serovariedad de *Leptospira* spp, siendo H-89 (Hardjo), Portland Vere (Canicola) y Bratislava las serovariedades con mayor frecuencia serológica. Los principales factores de riesgo que favorecen la presencia de la leptospirosis en estos rebaños fueron la presencia de abortos, la permanencia de animales con edades entre 6 y 8 años, la presencia de humedad en los corrales y superficies punzocortantes en su interior, la presencia de roedores, el préstamo de sementales entre unidades de producción y la densidad poblacional del rebaño. Se concluye que la presencia de la leptospirosis en los rebaños caprinos estudiados, está asociada con la permanencia de animales adultos que fungen como diseminadores, así como la ausencia de estrategias para el control de vectores y otras medidas relacionadas con la bioseguridad y el manejo animal, mismas que deben considerarse para implementar medidas de prevención y control contra esta enfermedad en rebaños con características similares a los considerados en este estudio.

Introducción

En México, la caprinocultura es una de las actividades pecuarias con un gran impacto social, principalmente en regiones de difícil subsistencia, donde tiene un papel significativo en la alimentación humana. Existen diferentes formas de comercialización de los productos caprinos, destacando la venta de leche, la elaboración de quesos, la venta de animales jóvenes como el cabrito para consumo y la elaboración de dulces (SIAP, 2022). Los caprinos se han adaptado a gran parte del territorio nacional, principalmente en regiones secas y áridas, demostrando ser aptos para una producción pecuaria rentable, ya que son una especie resistente a la sequía y escasez de forraje, por lo que se han desarrollado como una fuente de ingreso y subsistencia de muchas familias en áreas rurales (Aréchiga et al, 2008), sin embargo, una limitante muy importante para mantener su productividad, es establecer un buen manejo sanitario dentro de las unidades de producción. El desconocimiento de las enfermedades presentes en cada región, sobre todo aquellas de importancia productiva y reproductiva, como la leptospirosis, suele disminuir la rentabilidad del rebaño. Esta enfermedad infecciosa ocasionada por bacterias del género *Leptospira* spp, tiene una amplia distribución en todo el mundo, tanto en zonas rurales como urbanas, pudiendo causar en los animales domésticos y silvestres, desde una infección asintomática a una infección de tipo aguda, caracterizada por aumento de temperatura, anorexia, depresión, ictericia y anemia, hasta una de tipo crónica, que provoca abortos, momificaciones, infertilidad, nacimientos prematuros y mortalidad

* *Amairani Stephania Musito Moreno. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carr. México-Toluca Km 15.5 Cuajimalpa, CDMX CP. 05110. stephaniamusito@gmail.com (712) 314 4182.

neonatal, lo que ocasiona importantes pérdidas económicas en las unidades de producción, además de representar un riesgo por ser una zoonosis. Este microorganismo se elimina por la orina de los animales infectados de forma continua o intermitente, contaminando así al medio ambiente (Reséndiz et al, 2021). El objetivo de esta investigación fue determinar la frecuencia serológica y los factores de riesgo asociados a la leptospirosis en rebaños caprinos lecheros, en siete comunidades del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

Material y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó entre los meses de mayo 2022 – abril 2023 en rebaños caprinos lecheros en las comunidades de Cerrito de Gasca, Emiliano Zapata, La Purísima, Naranjillo, San José de Manantiales, San Juan de la Cruz y la cabecera municipal del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato. Este municipio se encuentra ubicado en la parte centro-norte del estado y, representa un 1,4% de su superficie total. Colinda al norte con los municipios de Salamanca, Allende y Comonfort; al este con Comonfort y Celaya; al sur con Celaya, Villagrán y Salamanca; y al oeste con Salamanca. Con respecto a la regionalización ecológica, en la parte sur es zona templada, mientras que en la parte centro-norte, es árida. El uso del suelo en el 80% de la superficie es agrícola, de riego y temporal, el 20% restante es de matorral. El clima es semicálido, semiseco y templado subhúmedo. La temperatura varía de 18º a 20 ºC; la menor temperatura se registra en el mes de enero, con un remedio de 5,9 ºC, la media en diciembre, con 15,2 ºC y la máxima en mayo con 31,9 ºC; la temperatura media anual es de 18,8 ºC.

Muestreo y colecta de datos

Estas comunidades se eligieron tomando en cuenta la oportunidad de trabajar con productores cooperantes. Los criterios de inclusión que se consideraron para este estudio fueron unidades de producción lecheras, con un número no mayor a 70 semovientes, incluyendo crías en lactancia al momento del contacto con los productores. Para el muestreo se consideraron a todos los animales de las unidades de producción que tuvieran al menos tres meses de edad y que fueran consideradas por el productor, como futuros pie de cría o animales de producción. Para obtener la información sobre los factores de riesgo asociados a la presencia de la leptospirosis, se solicitó a los propietarios de los rebaños responder a dos cuestionarios. El primero se centró en información general de los rebaños, considerando aspectos de genética, nutrición, salud animal, reproducción y características de las instalaciones. En el segundo cuestionario se recabó información enfocada a la sanidad de los animales: división de corrales, registro de empadre, manejo de partos, entre otros. Se realizó una inspección clínica de todos los animales de cada rebaño y se extrajeron aproximadamente 10 ml de sangre por punción yugular en tubos de vacío (Vaccutainer). Para la obtención de suero, las muestras de sangre se centrifugaron a 3,500 rpm durante 15 min; el suero extraído se transfirió a microtubos de 1.5 ml y se almacenaron en congelación hasta su análisis en el laboratorio de enfermedades de los pequeños rumiantes del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud e Inocuidad Animal del INIFAP. El diagnóstico serológico de la leptospirosis se determinó mediante la técnica de MAT. Se utilizó una batería de siete serovariedades de acuerdo al manual de leptospirosis del CENID-SAI INIFAP, que son (Bratislava, Wolffi, Hardjo, Tarassovi, H-89 (Hardjo), Palo Alto (Icterohaemorragiae) y Portland Vere (Canicola). Para la prueba se realizaron diluciones dobles seriadas de los sueros sanguíneos utilizando cinco títulos: 1:20, 1:40, 1:80, 1:160 y 1:320. Los resultados se evaluaron utilizando un microscopio de campo oscuro. Las muestras con un título de 1:20 se consideraron sospechosas, las muestras con un título de ≥ 1:40 se consideraron positivas. Si no se detectaba aglutinación, la muestra se consideraba negativa.

Análisis de datos

Los resultados obtenidos de las encuestas se integraron y se analizaron en una base de datos para determinar la frecuencia serológica y los factores de riesgo asociados a la presencia de *Leptospira* spp., en la población caprina. Para la determinación de los posibles factores de riesgo se realizaron pruebas de homogeneidad de proporciones por Chi-cuadrada (X^2) y razón de momios (RM) con una

significancia del 0.05, y posteriormente se hizo un análisis multivariado de regresión logística en el software estadístico Epi Info ™ versión 7.2.

Resultados

Al momento de visitar a cada uno de los 32 rebaños, todos los animales se encontraron aparentemente sanos, sin embargo, el 37,5% (12/32) de los productores confirmo la presencia de al menos un animal con abortos en un periodo no mayor a 12 meses previo al momento de la visita. Se obtuvo un total de 743 muestras sanguíneas; el 95,96% (713/743) eran hembras y el 4,03% (30/743) eran machos, la condición corporal con mayor frecuencia fue de aquellos animales con condición corporal <3 con el 83,06% (613/738), la edad oscilaba entre los 3 meses hasta los 8 años de edad. La frecuencia serológica total de animales con anticuerpos contra *Leptospira* spp, fue del 58% (431/743). En Cerrito de Gasca se obtuvo una frecuencia serológica de 45,74% (43/94); en Emiliano Zapata de 93,33% (126/135); en Naranjillo de 12,74% (20/157); en La Purísima de 67,24% (78/116); en San José de Manantiales de 100% (17/17); y en San Juan de la Cruz de 70% (147/210) (Figura 1). De los 32 rebaños muestreados, el 68,75% (22/32) resultaron con al menos un animal positivo a la detección de anticuerpos contra *Leptospira*, el 31,25% (10/32) restante salieron negativos a la prueba de MAT. En el cuadro 1 se muestra la frecuencia serológica obtenida en cada rebaño. Respecto a la seropositividad en relación con la edad, se encontró que los animales entre 3 a 5 años de edad fueron los de mayor población, y poco más de la mitad resultaron seropositivos a *Leptospira* spp, contrario a esto, los animales de entre 6 a 8 años de edad resultaron ser los de menor población, sin embargo, casi la totalidad de los animales de este rango de edad salieron seropositivos a *Leptospira* spp (Cuadro 2). Las serovariedades diagnosticadas con mayor frecuencia serológica fueron H-89 (Hardjo) con 47,57% (353/742), Portland Vere (Canicola) con 21,02% (156/742) y Bratislava con 18,86% (140/742) (Cuadro 3). La presencia de abortos, la permanencia de animales con edades entre 6 y 8 años, los corrales con presencia de humedad y superficies punzocortantes que pudieran permitir el ingreso de la bacteria a través de abrasiones en la piel, la presencia de roedores, el préstamo de sementales entre unidades de producción y la densidad poblacional del rebaño se encontraron como factores de riesgo asociados a *Leptospira* (Cuadro 4).

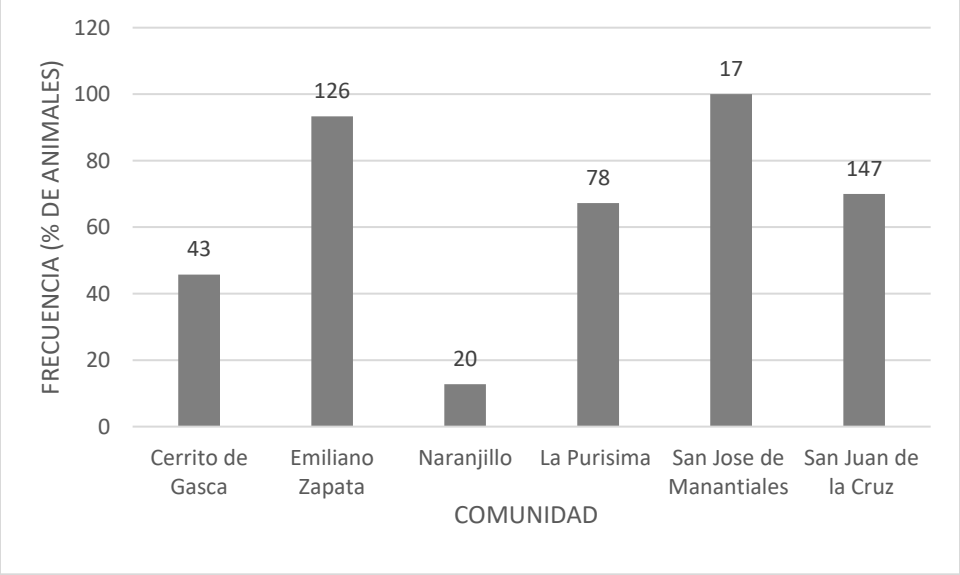


Figura 1. Distribución de la frecuencia serológica de anticuerpos contra *Leptospira* spp en las comunidades estudiadas.

Cuadro 1. Frecuencia serológica de anticuerpos contra *Leptospira* spp en cada unidad de producción.

Comunidad	Unidad de Producción	Muestras	Positivos	Negativos	Frecuencia (%)
Cabecera Municipal de Santa Cruz	1	14	-	14	-
Cerrito de Gasca	2	24	11	13	45,83
	3	9	1	8	11,11
	4	18	13	5	72,22
	5	15	2	13	13,33
	6	4	-	4	-
	7	17	9	8	52,94
	8	7	7	-	100
Emiliano Zapata	9	65	59	6	90,77
	10	70	67	3	95,71
Naranjillo	11	12	-	12	-
	12	25	2	23	8
	13	29	13	16	44,83
	14	3	-	3	-
	15	24	3	21	12,5
	16	7	-	7	-
	17	10	-	10	-
	18	19	-	19	-
	19	19	2	17	10,53
	20	9	-	9	-
La Purísima	21	43	8	35	18,6
	22	52	49	3	94,23
	23	21	21	-	100
San José de Manantiales	24	17	17	-	100
San Juan de la Cruz	25	22	1	21	4,55
	26	38	38	-	100
	27	27	27	-	100
	28	33	33	-	100
	29	32	32	-	100
	30	18	-	18	-
	31	37	16	21	43,24
	32	3	-	3	-

Cuadro 2. Frecuencia serológica de anticuerpos contra *Leptospira* spp por edad.

Edad	Total de Muestras	Positivos	Negativos	Frecuencia (%)
Menor a 1 año	63	21	42	33,33
1 – 2 años	279	158	121	56,63
3 – 5 años	375	230	145	61,33
6 – 8 años	25	22	3	88

Cuadro 3. Distribución de serovariedades de *Leptospira* spp diagnosticadas en los caprinos de las siete comunidades estudiadas.

Serovariedad	Positivos	Negativos	Frecuencia (%)
H-89 (Hardjo)*	353	389	47,57
Portland Vere (Canicola)*	156	586	21,02
Bratislava	140	602	18,86
Wolffi	120	622	16,17
Palo Alto (Icterohaemorragiae)*	101	641	13,61
Hardjo	39	703	5,25
Tarassovi	26	716	3,5

** Aislamientos Nacionales*

Cuadro 4. Factores de riesgo relacionados con la presencia de cabras seropositivas a *Leptospira* spp.

Factor de Riesgo	Razón de Momios	I.C. 95%	P-Value
La presencia de abortos	8.88	5.02 - 15.71	0.001
La permanencia de animales con edades entre 6 y 8 años	6.91	1.61 – 29.64	0.0092
Corrales con presencia de humedad y superficies punzocortantes que facilitan el ingreso de la bacteria a través de abrasiones en la piel	1.79	1.09 – 2.94	0.0211
La presencia de roedores	2.86	1.93 – 4.22	0.001
El préstamo de sementales entre unidades de producción	5.62	2.42 – 13.04	0.0001
Densidad poblacional del rebaño	3.44	1.63 – 7.24	0.0011

I.C. = Intervalo de Confianza

Discusión y Conclusiones

En este trabajo se encontró una frecuencia serológica total de animales con anticuerpos contra *Leptospira* spp del 58%, contrario a esto, Luna et al. (2018) realizaron un estudio en dos unidades caprinas de producción lechera en sistemas de producción intensivo en Apaseo el Alto, municipio de Guanajuato, donde encontraron una frecuencia del 68,3% de las muestras de la Unidad «A», y del 72,4% de las muestras de la Unidad «B». Sin embargo, Flores (2016) reporto una frecuencia del 37,9% de anticuerpos contra leptospirosis en el estado de Guanajuato, su estudio lo llevo a cabo en rebaños caprinos de tipo intensivo, semi-intensivo y extensivo, enfocados a la producción de leche y carne. En las unidades de producción de tipo intensivo, los animales suelen estar más hacinados debido a que están encerrados todo el tiempo, a diferencia de los sistemas de producción de tipo extensivo, donde los animales se encuentran pastando la mayor parte del día, sin embargo, en las tardes estos animales son encerrados en los corrales donde permanecen en hacinamiento hasta el siguiente día, lo que favorece la diseminación de esta y otras enfermedades más.

Respecto a la edad, los cabritos menores a 1 año resultaron ser el grupo con la menor frecuencia serológica a anticuerpos contra *Leptospira* spp con un 33,33%, a diferencia de los animales adultos entre 6 a 8 años de edad, en donde se encontró la mayor frecuencia serológica con un 88%. Luna et al. (2018) describen en su estudio que la menor frecuencia se presentó en hembras de dos meses de edad y se fue incrementando con la edad de las cabras, alcanzando el 100% en animales de 9 a 12 meses, asimismo, se observó una disminución en la frecuencia en animales de 2 a 3 años de edad, a diferencia de ese estudio, los resultados de este trabajo demuestran que el incremento de la seropositividad se debe a medida que la edad de los animales aumenta, esto puede indicar que

los animales pequeños pueden ser una población susceptible que luego de infectarse, pueden permanecer como portadores de la bacteria durante su vida adulta, pudiendo eliminarla a través de la orina y poniendo en riesgo a los demás animales del rebaño (OIE, 2008). Además, al ser un sistema de producción para la obtención y venta de leche, se vuelve común que los animales permanezcan hasta que su vida productiva se agote. Es importante mencionar también que el único signo clínico asociado a la enfermedad reportado por los productores encuestados es el aborto. Debe considerarse que, al ser unidades de producción que no cuentan con un esquema de vacunación contra esta enfermedad, el comportamiento de la misma puede considerarse endémico en la mayoría de los rebaños en los que se trabajó, debido a que no es una práctica realizada por los productores, sin embargo, debe considerarse como una medida de prevención contra la enfermedad.

De las 7 serovariedades de *Leptospira* spp., analizadas en este estudio, se observó que la serovariedad con mayor frecuencia serológica fue H-89 (Hardjo) con el 47,57% (Cuadro 3), este resultado difiere de lo reportado por Gaytán, quien en 2021, en el estado de Guanajuato, reporto que la serovariedad Icterohaemorragiae fue la que tuvo una mayor frecuencia con el 45,5%, tomando en cuenta para su estudio a hembras con al menos un parto, así como a aquellas que presentaran signos clínicos de la leptospirosis como abortos, momificación fetal, mortinatos o periodos de infertilidad. La especie portadora de la serovariedad H-89 (Hardjo) son los bovinos principalmente, aunque puede estar presente en otras especies como en los equinos, los caninos y en los roedores (Barreto, 2018). Los resultados obtenidos en este estudio pueden tener relación con la ola de convivencia con otras especies animales como son los bovinos, frecuentes en las zonas de pastoreo, y perros, presentes también en la mayoría de las unidades de producción. Aunque al momento del análisis estadístico no se encontró diferencia significativa a la interacción entre especies como un posible factor de riesgo, es importante considerar que esta enfermedad es común a varias de ellas, siendo los animales portadores y diseminadores de *Leptospira* spp.

Se sabe que la presencia de abortos son una fuente de infección para los animales sanos, debido a que la expulsión de la placenta puede contaminar aguas superficiales, comederos, bebederos, pisos, camas y demás lugares que todos los animales comparten, aunado a la densidad poblacional que, en este estudio, ha mostrado ser un factor de riesgo, siendo los rebaños con más de 60 animales, en los que se reportó mayor frecuencia serológica de la enfermedad.

Se concluye que la amplia diseminación de la leptospirosis se puede atribuir a múltiples factores, como lo es la falta de medidas de bioseguridad, la densidad poblacional y, la presencia de especies animales que sirven como vectores, pero debe considerarse también que el desconocimiento por parte de los productores sobre la existencia de esta enfermedad y de la existencia de medidas para su control, fomentan que esta infección se convierta en endémica y probablemente confundida con otros padecimientos, sean o no de naturaleza infecciosa, que comprometen la productividad de los animales.

Agradecimientos

Proyecto financiado por el Conahcyt. “Programa sanitario en rebaños caprinos para aumentar la eficiencia productiva y la seguridad alimentaria, en zonas marginales del municipio de Juventino Rosas, Guanajuato, México”

Literatura citada

Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *9*(1), 1-14.

Barreto Argilagos, G., & Rodríguez Torrens, H. D. L. C. (2018). +Artículo reseña. *Revista de Producción Animal*, *30*(3), 57-62.

Flores PP. Diagnóstico serológico de Leptospira interrogans y Brucella melitensis en rebaños caprinos en el estado de Guanajuato [tesis licenciatura] CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México; 2016.

Gaytán-Camarillo, F., Rico-Chávez, O., Palomares-Resendiz, EG, Gutiérrez-Hernández, JL, Díaz-Aparicio, E., & Herrera-López, E. (2021). Autocorrelación espacial y co-ocurrencia de seis serovariedades de Leptospira en rebaños caprinos del Estado de Guanajuato, México. *Brazilian journal of microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*, *52*(2), 953–960.

Juventino Rosas, P. M. de S. C. (s/f). *Presidencia municipal de Sta Cruz de Juventino Rosas*. Presidencia Municipal de Santa Cruz de Juventino Rosas. Recuperado el 22 de mayo de 2023, de https://www.juventinorosas.gob.mx/juventino/localizacion.php

Luna Álvarez, M. Á., Socci Escatell, G., Morales Arzate, J. J., Oliveros Ibarra, J. M., & Luna Rivera, E. M. (2018). Anticuerpos contra Leptospira spp en caprinos lecheros en Guanajuato, México. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *29*(2), 611-618.

Reséndiz, G. P., Romero, F. A., Pérez, C. F., Núñez, L. G., Hernández, J. G., López, E. H., ... & Aparicio, E. D. (2021). Enfermedades infecciosas de relevancia en la producción caprina, historia, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *12*, 205-223.

Organización Mundial de Sanidad Animal (Oficina Internacional de Epizootias OIE). Manual de la OIE Sobre los Animales Terrestres 2008. Capítulo 2.1.9.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). (s/f). *Panorama Agroalimentario*. gob.mx. Recuperado el 20 de abril de 2023, de https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035

EVALUACIÓN DE INTERELUCINAS EN GLÁNDULA MAMARIA DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE CON *Staphylococcus chromogenes*

Ruiz R.R.A.*, Cervantes O.R.A., Díaz A.E., Ducoing W.A.E., Martínez G.D.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los niveles de expresión relativa de los genes de las citocinas IL-1B, IL-8, IL-12, IFN-γ, IL-4, IL-10 y TGF-β en células somáticas de leche de cabras raza Alpina Francesa, primalas e infectadas experimentalmente en la glándula mamaria izquierda con *Staphylococcus chromogenes* durante el pico de la lactación. Se realizaron muestreos de leche de ambas glándulas durante 21 días consecutivos post-infección, se extrajo el ARN total y se empleó la técnica de PCR en tiempo real utilizando primers específicos para cada citocina los cuales fueron diseñados para este estudio. La expresión relativa del ARN de las citocinas evaluadas fue determinada por el método comparativo $2^{-\Delta\Delta}$CT utilizando como calibrador la leche de la glándula derecha de las cabras (testigo) y como gen endógeno el gliceraldehido-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH). De acuerdo con la prueba de correlación de Spearman, se observó una correlación negativa entre el IFN-γ y el número de bacterias ($P<0.01$). Las expresiones de la IL-1B e IL-12 mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) desde las 24 hrs post-infección hasta el secado con respecto al grupo control, por último, IFN-γ aumenta su expresión al disminuir la expresión de IL-10 ($p<0.05$).

INTRODUCCIÓN

La mastitis es una de las enfermedades más importantes dentro de la industria lechera, ocasiona pérdidas económicas por la disminución en la cantidad y calidad de la leche producida, incrementando los costos de producción debido a los servicios médicos veterinarios, además del tratamiento y desecho de los animales (Oviedo y *col*. 2007, Bonilla y *col.* 2003, Amezcua, 1981). La inflamación intramamaria, acompañada por cambios patológicos e inmunológicos en el tejido glandular mamario, ocurre en distintos grados de intensidad y resulta en una amplia variedad de consecuencias físicas, químicas y microbiológicas de la leche secretada (Ezzat y *col.* 2014). Existe un amplio espectro de microorganismos incluyendo levaduras, algas, bacterias y virus, sin embargo, las bacterias siguen siendo los patógenos más importantes causantes de la enfermedad. Los principales géneros bacterianos causantes de mastitis clínica son *Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae, S. uberis, S. dysgalactiae* y coliformes. Los distintos patógenos que causan mastitis inducen distintas respuestas inmunes en la glándula mamaria, por lo tanto, el hospedero requiere una respuesta altamente específica dependiendo del patógeno para brindar una protección adecuada. La interacción entre los patógenos causantes de mastitis y el sistema inmune del hospedero es compleja, debido a que ambos tienen la habilidad de coevolucionar para reconocer, responder y adaptarse uno al otro. Debido a esto, los patógenos han desarrollado varias estrategias para alterar y evadir las defensas del hospedero para sobrevivir. El sistema inmune también se adapta y posee un amplio arsenal para controlar y eliminar las amenazas, además de que la susceptibilidad de los individuos dentro de una especie dada difiere contra el mismo patógeno. La

* *Rocío Angélica Ruiz Romero
Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes. Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México, D.F, C.P. 04510
rarr2212@unam.mx teléfono: 56 22 59 72

variabilidad en la interacción hospedero-patógeno se controla por la carga genética inherente al hospedero, incluyendo las respuestas innatas y adaptativas, particularmente la memoria inmunológica adquirida, así como la naturaleza del patógeno (Thompson y *col.* 2014). En cabras, los *Staphylococcus* coagulasa negativo (SCN) son los principales agentes causantes de mastitis y se reporta que la prevalencia en los rebaños va del 10 al 30% y en ocasiones hasta el 71% (Bonilla y *col.* 2003; Amezcua 1981, Pyörälä y Taponen 2009). Las especies de *Staphylococcus* que se han reportado con mayor frecuencia como causa de mastitis en cabras incluyen a *Staphylococcus chromogenes, S. xylosus y S. simulans*. En el caso de *S. chromogenes*, distintos estudios *in vitro* han demostrado que es la más virulenta de los SCN (Simojoki y *col.* 2009). La exposición hacia *Staphylococcus* spp, generalmente conlleva a la generación de una respuesta inmune humoral y celular que culmina con la eliminación del patógeno, sin embargo, bajo ciertas circunstancias, la bacteria sobrevive en el hospedero e induce enfermedades persistentes. A pesar de la gran cantidad de estudios sobre los factores de virulencia que posee este género bacteriano y las estrategias de sobrevivencia que emplea la bacteria para persistir dentro del hospedador, aún no se conoce del todo lo que sucede con la respuesta inmune durante la infección por *Staphylococcus* spp. (Thompson y *col.* 2014; Nogueira y *col.* 2012; Paape y *col.* 2002). Las citocinas son un puente entre la respuesta inmune innata y la respuesta inmune adaptativa, las quimiocinas son moléculas involucradas en la migración y en el reclutamiento de leucocitos, son inmunoreguladores. Los principales grupos de citocinas incluyen las interleucinas (IL), factores estimulantes de colonia (CSF), interferones (IFN) y factores de necrosis tumoral (TNF). (Alluwaimi y *col.* 2003; Alluwaimi 2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de interleucinas IL1β, IL4, IL10, IL8, IL12, IFN-γ y TGF-β en muestras de glándula mamaria de cabras infectadas experimentalmente con *S. chromogenes* mediante el análisis de expresión de genes, con la finalidad de conocer la respuesta inmune que desencadena *S. chromogenes* en la glándula mamaria de cabras.

MATERIAL Y MÉTODOS

I. INFECCIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CABRAS

1. ENSAYO DE INFECCIÓN *in vitro*

Para la infección experimental de las cabras se utilizó un aislado de *Staphylococcus chromogenes* obtenido de un caso de mastitis crónica en una cabra de la raza Alpina Francesa. Para evaluar que la bacteria seleccionada causara daño celular, se realizó un cultivo celular de células epiteliales de quinta generación de glándula mamaria de bovino, se observó la integridad de la monocapa de células y el porcentaje de confluencia celular, se retiró con ayuda de una pipeta el medio de cultivo de la caja de Roux y las células se lavaron con 5 mL de solución de fosfatos (PBS) estéril, se decantó el PBS y se añadieron 5 mL de tripsina a las células epiteliales incubando durante 5 m a temperatura ambiente, al finalizar este tiempo, se colectaron las células en un tubo Falcon estéril de 15 mL; se añadieron 2 mL de *medio* de cultivo Eagle modificado de Dulbecco *(*DMEM) adicionado con suero fetal bovino a las botellas de cultivo celular realizando tres enjuagues, se colectó el DMEM colocándolo en los tubos Falcon donde previamente fueron colocadas las células epiteliales; los tubos se cerraron perfectamente y se centrifugaron a 500 g durante 5 m, transcurrido este tiempo, se retira el sobrenadante recuperando la pastilla celular, se agregó 1 mL de medio de cultivo DMEM y se resuspendió suavemente. Se realizó el conteo de células añadiendo 50 μl de azul de Tripan a 50 μl de la suspensión celular hasta homogenizarlas (proporción 1:1), se realizó el conteo celular utilizando la cámara de Neubauer, obteniendo el promedio de células por mL y se colocaron 250 μl de células equivalente a 270 000 células/mL en una caja de Roux de 25 cm^2 a la que previamente se le añadieron 5 mL de DMEM, se agregaron 50 μl de antibiótico y antimicótico (Penicilina, estreptomicina y anfotericina B) y 50 μl de ácido (4-(2-hidroxiletill)-1-piperazinetanosulfónico (HEPES) a una concentración 1 M como estabilizador de pH, por último, se incubaron a 37 ºC revisando cada 24 horas la confluencia celular.

Se realizó un ensayo de infección *in vitro* para reactivar la virulencia de la cepa de *S. chromogenes* seleccionada, se inocularon cinco colonias en 25 mL de caldo infusión cerebro-corazón, dejando incubar 18 horas a 37 ºC en agitación constante, transcurrido ese tiempo, se centrifugó el cultivo durante 15 m a 600 g y se recuperó la pastilla bacteriana la cual se resuspendió en 1 mL de PBS estéril, se determinó la absorbancia por medio espectrofotometría a una longitud de onda de 625 nm hasta alcanzar una longitud de onda de 0.08 a 0.1 nm equivalente a concentración de 1 x 10^8 UFC/mL, una vez alcanzada la absorbancia deseada, se realizó la infección de las células epiteliales de glándula mamaria bovina eliminando el medio de cultivo de las células y lavando con 5 mL de PBS estéril, se decantó y se agregó 1 mL del inóculo bacteriano diluido en 4 mL de DMEM sin suero en la caja de Roux y se dejaron en contacto durante 2 horas a 37 ºC, transcurrido este tiempo, se retiró el inóculo bacteriano de las cajas de cultivo celular y se lavaron de nuevo las cajas con 3 mL de PBS estéril, se agregaron 5 mL de DMEM con suero fetal bovino y se incubaron durante 24 horas a 37 ºC. Al finalizar las 24 horas de incubación a 37 ºC, se observó la integridad celular, se recuperó el sobrenadante y se centrifugó a 600 g durante 5 m, a partir del sobrenadante, se tomaron 100 μl y se inocularon en 100 mL de caldo infusión cerebro-corazón (CICC) , también se inocularon 50 μl del sobrenadante en una placa de agar tripticasa soya (TSA) y se incubaron durante 24 horas a 37 ºC para corroborar la ausencia de contaminación bacteriana, transcurrido este tiempo, se centrifugó el CICC a 600 g durante 15 m y se conservó la pastilla bacteriana con leche descremada con glicerol al 10% a -80 ºC hasta el momento de la infección.

2. MANEJO DE LAS CABRAS

Se utilizaron 2 cabras de la raza Alpina Francesa, primalas de 7 meses de edad, las cabras fueron alimentadas de acuerdo con sus requerimientos nutricionales e inseminadas artificialmente al alcanzar el peso óptimo y 5 días antes de la fecha esperada de parto, fueron separadas del rebaño y colocadas en aislamiento. Al momento del parto, los cabritos fueron separados de sus madres y fueron alimentados y criados artificialmente. Se tomaron un total de 38 muestras de leche por cada cabra, los muestreos se comenzaron a realizar a partir del parto con un muestreo semanal (nueve muestreos en total) hasta llegar al pico de lactación (aproximadamente a los 56 días post-parto), al alcanzar la máxima producción de leche, se realizó la infección experimental, a partir de este día, se realizaron muestreos por 21 días seguidos, al terminar este lapso, se regresó a los muestreos semanales hasta el final de la lactación (8 muestreos). El muestreo se realizó desinfectando los pezones con torunda y alcohol al 70% , se realizó la extracción manual de leche, desechando los tres primeros chorros de cada una de las glándulas, posteriormente se obtuvieron 50 mL de leche de cada uno de los medios en frascos nuevos, estériles y herméticos, las muestras se trasladaron inmediatamente en refrigeración al laboratorio de Microbiología Agropecuaria de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco para realizar el cultivo, aislamiento e identificación bacteriana, así como la extracción de ADN y ARN.

a) INFECCIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CABRAS

La cepa resguardada y reactivada previamente a través de cultivo celular, se descongeló paulatinamente y se inocularon 20 μl de la cepa en caldo infusión cerebro-corazón y en agar sangre, se incubaron 18 horas a 37 ºC, transcurrido este tiempo, se corroboró la pureza del cultivo y se inocularon 5 colonias en caldo tripticasa soya durante 18 horas a 37 ºC en agitación; al terminar este tiempo de incubación, el cultivo se centrifugó durante 10 m a 600 g, se eliminó el sobrenadante y la pastilla bacteriana se lavó y se resuspendió en 1 mL de solución salina fisiológica estéril. A partir de esta suspensión bacteriana, se determinó la longitud de onda por espectrofotometría a una absorbancia de 625 nm, hasta obtener una longitud de onda de 0.08 correspondiente a 1 - 1.5 x 10^8 UFC, una vez obtenida la absorbancia, se realizaron diluciones hasta obtener la concentración de la

dosis infectante de 2.1 x 10^6 UFC (Simojoki y *col.* 2009). Las dosis infectantes se resuspendieron en 6 mL de solución salina fisiológica (SSF) estéril y se refrigeraron hasta el momento de la inoculación en la glándula mamaria de las cabras. El día del desafío, las glándulas mamarias se lavaron y desinfectaron con clorhexidina, se realizó el ordeño manual y antes de colocar el sellador en los pezones, se inocularon las glándulas izquierdas de cada cabra con la dosis infectante de *S. chromogenes* resuspendida en 6 mL de SSF estéril y se realizó un ligero masaje en la glándula para favorecer la distribución del inóculo, los medios derechos fueron inoculados con 6 mL de SSF estéril, tres días después de la primera dosis, se inoculó una segunda dosis nuevamente en el medio izquierdo.

b) MANEJO DE LAS MUESTRAS DE LECHE

Para confirmar que la leche de las cabras estuviera libre de cualquier agente bacteriano antes de la infección experimental, las muestras se sembraron en una placa de agar sangre y otra placa de agar McConkey utilizando 30 µl de la muestra en la primera estría, ambas placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas en condiciones de aerobiosis, en caso de no observar crecimiento se incubaron durante 48 horas más hasta descartar crecimiento bacteriano, se obtuvo ADN de las muestras de leche de cabra de acuerdo al procedimiento descrito por Cremonesi y *col.* (2006) y se realizó una PCR con los iniciadores 16s del ARNr de *Staphylococcus* spp diseñados por Ruiz y *col* (2013). **(CUADRO 1)**

II. MANEJO DE LOS AISLADOS BACTERIANOS RECUPERADOS DE LA LECHE DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE

A las colonias recuperadas de las muestras de leche, se les realizó una tinción de Gram para corroborar que se trataban de bacterias Gram positivas, con agrupación en racimo y se les realizó la prueba de catalasa y coagulasa para identificarlas como *Staphylococcus* spp. Se seleccionaron aleatoriamente 10 aislados bacterianos recuperados en días distintos post-infección a los que se les realizó la PCR para identificar al gen 16s de *Staphylococcus* spp y se realizó un análisis multilocus del número variable de repeticiones en tándem (MLVA) con la finalidad de corroborar que los aislados correspondieran a la misma cepa del desafío.

1. MLVA PARA *S. chromogenes* INOCULADO EXPERIMENTALMENTE

Se analizó el genoma de la cepa de *S. chromogenes* MU970 para localizar el número variable de repeticiones en tándem (VNTR) utilizando el programa "TANDEM REPEATS FINDER" (Benson 1999), y con el programa DNAman versión 7.02 se diseñaron los iniciadores de las regiones flanqueantes de los loci de las repeticiones en tándem. Las repeticiones en tándem se nombraron de acuerdo con el conting del genoma en donde se encontraron y al tamaño del producto esperado en la cepa de *S. chromogenes* MU970. Se realizó la PCR en los aislados de *S. chromogenes* para los iniciadores flanqueantes del VNTR y los productos de PCR se colocaron en el analizador de fragmentos siguiendo las instrucciones del fabricante, para corroborar que el tamaño de cada producto de los aislados seleccionados, correspondiera a los mismos VNTR de la cepa de desafío y que la cepa recuperada fuera la misma que se aisló hasta el final de los muestreos. (Ruiz y col, 2018) **(CUADRO 2)**

III. REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA EN TIEMPO REAL (qRT-PCR)

1. qRT-PCR PARA CUANTIFICAR BACTERIAS A PARTIR DE MUESTRAS DE LECHE

Para conocer la carga bacteriana en cada una de las muestras de leche desde el día cero de la infección hasta el último muestreo antes del secado, se inocularon 100 µl de cada una de las muestras de leche en 1 mL de CICC y se incubaron durante 18 horas a 37 ºC en agitación, esto se realizó con el fin de detectar el ADN bacteriano de la leche, transcurrido este tiempo, se realizó la extracción de ADN con isotiocianato de guanidina y silica, de acuerdo con el protocolo descrito por Cremonesi *y col.* (2006). Una vez obtenido el ADN, se realizó el conteo de bacterias utilizando los iniciadores del gen de la proteína extracelular específico para *S. chromogenes*. **(CUADRO 1)** Cada reacción de qRT-PCR consistió en 12.5 µl de SYBR Green, 1 µl de cada iniciador (forward y reverse) a una concentración de 5 µM, 1 µl de ADN y c.b.p 25 µl de agua libre de nucleasas para cada reacción. El protocolo del termociclador para realizar el PCR en tiempo real consistió en un ciclo inicial de desnaturalización a 95ºC por 5 m, 35 ciclos de desnaturalización a 95 ºC por 1 m, alineamiento 50 ºC por 1 m, extensión 72 ºC por 1 m y finalmente un ciclo de extensión final a 72 ºC por 5 m. En cada ciclo de qRT-PCR se utilizó una curva estándar con concentraciones de 100, 10, 1, 0.1, 0.01 y 0.001 ng/µl de ADN de *S. chromogenes* ATCC, como control negativo, se sustituyó el ADN por agua libre de nucleasas para descartar la contaminación de los iniciadores.

2. CUANTIFICACIÓN DE INTERLEUCINAS EN LECHE DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE

a) OBTENCIÓN Y LAVADO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE CABRA

Para obtener ARN de las células somáticas, se realizó el siguiente protocolo para eliminar la grasa de la leche: se colocaron 50 mL de leche en tubos Falcon añadiendo 500 µl de EDTA pH 8 al 0.5M, los tubos se centrifugaron a 1500 g durante 15 m a 4 °C, se eliminaron 25 mL de sobrenadante y se agregaron 25 mL de PBS más 250 µl de EDTA pH 8 al 0.5 M, se centrifugó de nuevo utilizando las constantes anteriores y se eliminó la capa superior y la capa media, los tubos se aforaron a un volumen de 50 mL utilizando PBS-EDTA al 2 mM, los tubos se centrifugaron una vez más, aforando a un volumen de 50 mL en cada uno de los lavados, la pastilla obtenida se disolvió en 1 mL de PBS y se congeló hasta la extracción de ARN.

b) EXTRACCIÓN DE ARN A PARTIR DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE CABRA

Se descongelaron las células somáticas a temperatura ambiente y se centrifugaron durante 5 m a 500 g a 4 ºC, se eliminó el sobrenadante y se añadió 1 mL de trizol, homogenizando hasta disolver la pastilla y se centrifugó durante 5 m a 600 g, se agregaron 200 µl de cloroformo y se mezcló durante 15 s con vórtex; se centrifugó durante 15 m a 600 g a 4 ºC, se recuperó el sobrenadante y se agregó 1 volumen de fenol-cloroformo mezclando durante 15 s con vórtex. Se centrifugó de nuevo utilizando las constantes anteriores, se recuperó el sobrenadante y se agregaron 500 µl de isopropanol frío al 100% con DPEC al 0.1%, se homogenizó por inversión durante 30 s, se centrifugó de nuevo con las constantes ya mencionadas, se desechó el sobrenadante y se añadió 1 mL de etanol al 70% con DPEC al 0.1%, se centrifugó a 600 g durante 5 m a 4 ºC, se eliminó el sobrenadante y se dejó secar el pellet parcialmente colocándolo a 56 ºC durante 5 m, finalmente, el ARN obtenido se resuspendió en 20 µl de agua con DPEC al 0.1%.

c) CUANTIFICACIÓN DE ARN Y TRANSCRIPTASA REVERSA

Se cuantificó la concentración del ARN por medio de espectrofotometría a una absorbancia de 260 nm (DO_{260}) y se evaluó la pureza determinando la proporción DO_{260}/DO_{280} que se encuentra entre

1.9 y 2. Para sintetizar el ADN complementario (cDNA) se utilizó un kit comercial de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

d) DISEÑO DE INICIADORES Y VERIFICACIÓN DE AMPLICONES

Los iniciadores utilizados para las interleucinas IL1β, IL8, IL12, IFN-γ, IL4, IL10 y TGF-β, así como para la enzima gliceraldheido-3-fosfato deshidrogenasa (GADPH) utilizada como normalizador en la qRT-PCR, fueron diseñados utilizando software especializado. Se diseñaron seleccionando iniciadores sentido y antisentido de secuencias en exones en lados opuestos de un intrón, para asegurar la especificidad del iniciador para el ADN blanco y para evitar la amplificación de pseudogenes u otros genes relacionados **(CUADRO 3).** Con la finalidad de corroborar la utilidad de los iniciadores utilizados para cada una de las interleucinas y de la GADPH utilizada como normalizador en la qRT-PCR, se realizó la PCR punto final utilizando ADN complementario (cDNA) de linfonodo bovino como testigo positivo. Con el cDNA, se realizó la PCR de punto final para cada una de las interleucinas utilizadas; cada reacción de PCR consistió en 12.5 µl de mezcla comercial para PCR, 1 µl de cada iniciador (forward y reverse) a una concentración de 5 µM, 5 µg de cDNA y c.b.p 25 µl de agua libre de nucleasas para cada reacción.

e) qRT-PCR PARA CUANTIFICAR AL ARNm DE LAS INTERLEUCINAS A PARTIR DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE

El qRT-PCR se realizó en un termociclador especial para PCR tiempo real utilizando 12.5 µl de SYBR Green como sistema de detección, 1 µl de cada iniciador (forward y reverse) a una concentración de 5 µM, 5 µg de cDNA y c.b.p 25 µl de agua libre de nucleasas para cada reacción. Las constantes utilizadas en el termociclador consistieron en un ciclo inicial de desnaturalización a 95 ºC por 5 m, 40 ciclos de desnaturalización a 95 ºC por 30 s, alineamiento 60 ºC por 30 s, extensión 72 ºC por 20 s y finalmente un ciclo de extensión final a 72 ºC por 5 m. En cada reacción se utilizó como control negativo, 2 µl de agua en sustitución del ADN para descartar la contaminación de los iniciadores. Después de los 40 ciclos, se analizó la curva de disociación de todas las muestras para verificar la ausencia de productos inespecíficos y la formación de dimeros de los iniciadores.

f) ANÁLISIS DE EXPRESIÓN DEL ARNm

Se utilizó el método comparativo ΔCT empleando como calibrador las muestras de leche de la glándula mamaria sin infectar y como control endógenos el gen del Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH). (Livack y Schmiigen 2001).

IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar la significancia estadística de los transcritos del ARNm entre las glándulas infectadas y las glándulas control se utilizó la prueba de Wilcoxon para datos no paramétricos, para conocer la correlación entre interleucinas y las UFC se utilizó la correlación de Spearman con Software especializado.

RESULTADOS

INFECCIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CABRAS

La cepa seleccionada para infectar a las cabras de manera experimental presentó 78 VNTR en el loci 346_06, con ese marcador obtenido de la cepa infectante, se logró infectar de manera experimental la glándula izquierda de las cabras y la glándula derecha se mantuvo como testigo negativo. La glándula izquierda de las cabras fueron positivas a crecimiento bacteriano de colonias compatibles con *Staphylococcus* spp durante los 21 muestreos consecutivos, al igual que en los 8 muestreos de la etapa final de la lactación. Las glándulas derechas se mantuvieron libres de infección, en el análisis bacteriológico general no se observó desarrollo de colonias bacterianas y en la PCR fueron negativas para el gen 16s de *Staphylococcus* spp.

AISLADOS BACTERIANOS RECUPERADOS DE LA LECHE DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE

Los 10 aislados seleccionados por conveniencia aleatoriamente de las cabras correspondieron a bacterias Gram positivas agrupadas en racimo, catalasa positivo y coagulasa negativo; todos los aislados resultaron positivos a la PCR del gen 16s fueron positivos a la PCR del locus 346_06 y al analizar los productos de esta PCR se obtuvieron los 78 VNTR de la cepa de *S. chromogenes*.

CUANTIFICACIÓN DE BACTERIAS Y DE ARNm DE INTERLEUCINAS POR MEDIO DE qRT-PCR

Se obtuvo el conteo relativo de *S. chromogenes* para cada uno de los muestreos post-infección realizados en la glándula izquierda de ambas cabras, los cuales resultaron positivos a la presencia de bacterias en los 29 muestreos post-infección que se realizaron.

CUANTIFICACIÓN DE ARNm DE INTERLEUCINAS EN CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE CABRAS INFECTADAS EXPERIMENTALMENTE

Para realizar el conteo de las interleucinas pro y antiinflamatorias se seleccionaron días de muestreo que pudieran representar la respuesta inmune en la glándula mamaria en etapa aguda y crónica de la enfermedad, los días seleccionados fueron el 3, 19, 70 y 77 post-infección.

a) DIFERENCIA EN LA EXPRESIÓN EN EL GRUPO CONTROL Y EL GRUPO INFECTADO

Se obtuvieron las diferencias en la magnitud de la expresión de las siete interleucinas evaluadas del grupo infectado entre al grupo control con respecto al día cero de la infección, es decir, antes de que la respuesta inmune de la glándula mamaria fuera estimulada. En el día tres la IL1β, IL8, IL12 y TGF-β tuvieron expresión estadísticamente significativa con respecto al grupo control ($P<0.05$). En los días 19 y 70 post-infección, la IL1β, IL12, IFN-γ, IL10 y TGF- β mostraron diferencias con respecto al grupo control ($P<0.05$) y en el día 77, la IL1β, IL12, IFN-γ e IL10 mantuvieron diferencias con respecto al grupo control ($P<0.05$)

b) DIFERENCIAS EN LA EXPRESIÓN DE INTERLEUCINAS EN EL GRUPO INFECTADO DURANTE LOS DÍAS POSTINFECCIÓN.

La IL1β presenta diferencias en su expresión en el día 3 y 19 con respecto a los días 70 y 77 ($P<0.05$), la IL8 presenta diferencias significativas entre el día 3 y el día 70, así como en el día 19 y 77 ($P<0.05$). La IL12 solamente presenta diferencias en su expresión entre el día 3 y 77 ($P<0.05$), en cuanto al IFN-γ el día 3 presentó diferencias significativas con respecto a los días 19, 70 y 77, así como en el

día 19 con respecto al 77 (P<0.05). En cuanto a las interleucinas antiinflamatorias, la IL4 únicamente muestra diferencia entre el día 3 y 77 (P<0.05), la IL10, presenta diferencias el día 19 con respecto a los días 70 y 77 (P<0.01), así como el día 70 con respecto al día 77 (P<0.001). Por último, el TGF-β, únicamente hay diferencia en la expresión entre el día 3 y 70 (P<0.05)

c) IL1β DISMINUYE SU EXPRESIÓN AL AUMENTAR LA EXPRESIÓN DE IL10 y TGF- β

Durante los cuatro muestreos se observó que la expresión de IL1β fue distinta estadísticamente contra la IL10 (P<0.05) y el TGF-β (P<0.01)

d) IFN-γ AUMENTA SU EXPRESIÓN AL DISMINUIR LA EXPRESIÓN DE IL10

Conforme aumentan los días post-infección, se observó que el IFN-γ mostró diferencias significativas en su expresión en los días 19 y 77 con respecto a la IL10 (P<0.05)

e) CORRELACIÓN ENTRE INTERLEUCINAS Y NÚMERO DE BACTERIAS EN LA GLÁNDULA MAMARIA

De acuerdo con la prueba de correlación de Spearman, se encontraron correlaciones positivas entre la IL12 con respecto al número de bacterias (r= 0.77) (P<0.05) y con el TGF-β con respecto al conteo bacteriano (r=0.95) (P<0.01), únicamente se observó una correlación negativa entre el IFN-γ y el número de bacterias (-0.83) (P<0.01)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con el conteo bacteriano, utilizando el gen de la proteína extracelular de *S. chromogenes*, se comprobó la presencia bacteriana en la glándula, desde las primeras 24 horas post-infección, hasta el último muestreo de leche antes del secado de las cabras. En infecciones experimentales en seis bovinos Holstein realizadas por Simojoki y col. (2009), utilizando aislados de *S. chromogenes*, reportaron que todos los animales alcanzaron un pico de crecimiento bacteriano a las 8 horas post-infección, 46 horas después, no detectaron crecimiento bacteriano en medios de cultivo, excepto en un animal que continuó eliminando bacterias hasta 14 días post-infección, la dosis utilizada por Simojoki y col. (2009) fue la dosis utilizada en este estudio, en ambos se logró infectar a la glándula mamaria a pesar de trabajar con especies animales distintas y en ambos, los animales desarrollaron mastitis subclínica, no presentaron cambios físicos visibles en la glándula mamaria, ni ninguna signología clínica; si bien, las vacas lograron eliminar la infección, se debe considerar que las cepas utilizadas son distintas por lo que pueden existir diferentes factores de virulencia que contribuyan a la presentación de mastitis crónica y a la eliminación de los microorganismos en los animales (Piccart y col. 2016). En esta investigación se demostró por métodos bacteriológicos tradicionales y métodos moleculares la presencia de la bacteria en la glándula mamaria. Al comparar la expresión de genes de interleucinas con respecto al control, se observó que en el día tres post-infección, ocurrió una mayor expresión de IL1β, IL8, IL12 y TGF-β con respecto al grupo control. En cuanto a la expresión de TGF-β, esta citocina, además de tener una actividad antiinflamatoria regula el desarrollo de la glándula mamaria, actúa sobre macrófagos y otros tipos celulares al inhibir las respuestas proinflamatoria, al disminuir la producción de citocinas y quimiocinas proinflamatorias (Persson y col. 1997).

En la interleucina antiinflamatoria IL4, no se encontraron diferencias significativas con respecto al grupo control, coincidiendo con la investigación de Riollet y col. (2000), quienes también reportan la

falta de expresión de IL4 en bovinos infectados con *S. aureus*. De acuerdo con Faoucon y col. (2009), La IL10, se expresó de manera significativa el día 19 post-infección, IL10 es producida por macrófagos y actúa durante la infección aguda o crónica previniendo la producción de citocinas proinflamatorias, quimiocinas y debilita a las células presentadoras de antígenos, los linfocitos T, disminuyendo la expresión de MHC-II (Couper y col. 2007), también disminuye la respuesta excesiva de TH1 caracterizada por una sobreproducción de IFN-γ y TNFα, reduce la inflamación y disminuye los cambios patológicos regulando las respuestas TH2 para evitar la sobreproducción de IL4, IL5 e IL13 que pueden llevar a fibrosis severas, esta podría ser la razón por la cual la IL4 no se encuentra sobreexpresada en las glándulas infectadas. Tanto en el día 19 como en el día 70 post-infección se encontraron sobreexpresadas IL1β, IL12, IFN-γ, IL10 y TGF-β. El sistema inmune innato no fue capaz de controlar la infección y eliminar a *S. chromogenes*, por el patrón expresado de interleucinas, es probable que haya predominado una respuesta de tipo TH1. En el último muestreo realizado correspondiente al día 77 post-infección, dejó de ser significativa la expresión de TGF-β, ya que probablemente estaba llevando a cabo funciones encaminadas a reparar la glándula mamaria.

La expresión de IL1β presentó diferencias entre los días 3 y 70 así como en los días 3 y 77 post-infección ($P<0.05$). La mayor expresión se observó en el día 3 post-infección, probablemente por la actividad proinflamatoria de ese momento. La expresión también presenta diferencias entre los días 19 y 77 post-infección, aunque hay mayor expresión. Bougarn y col. (2010), reportan que el estímulo producido por el LTA y el muramil dipéptido, no fue suficiente para detectar la presencia de la citocina en el sobrenadante del cultivo celular, estos antígenos de pared en forma sinérgica inducen inflamación. Megyeri y col. (2002), mencionan que *S. aureus* y *S. epidermidis*, otra especie que pertenece a los SCN, incrementan en la misma magnitud la expresión de IL1β pero no *S. saprophiticus* que también pertenece a los SCN, esto podría ser causado por los factores de virulencia que presentan cada una de las distintas especies pertenecientes al género *Staphylococcus* spp (Piccart y col. 2016). La IL12 mostró una diferencia significativa entre los días 3 y 77 post-infección, siempre hubo expresión de esta interleucina, probablemente fue mayor su expresión en el día tres al actuar como un regulador de la producción de TNF-α, IL8 e IL10. La expresión de IFN-γ, fue más alta conforme transcurrieron los días y se observó que al aumentar su expresión, disminuyó la expresión de IL10.

LITERATURA CITADA

1. Abbas AK, Lichtman AH. Inmunología celular y molecular. 5ta Edición, Elsevier, España.
2. Alluwami A. The cytokines of bovine mammary gland; prospects for diagnosis and therapy. Res Vet Sci 2004; 77: 211-222.
3. Alluwaimi AM, Leutenegger CM, Farver TB, Rossitto PV, Smith WL, Cullor JS. The cytokine markers in *Staphylococcus aureus* mastitis of bovine mammary gland. J Vet Med 2003; 50: 105-111.
4. Andreotti C, Pareyra E, Baravalle C, Renna M, Ortega H, Calvinho L, Dallard B. *Staphylococcus aureus* chronic intramammary infection modifies protein expression of transforming growth factor beta (TGF-β) subfamily components during active involution. Res Vet Sci 2014; 5-14.
5. Amezcua MA. Prevalencia de mastitis subclínica en hatos caprinos en la zona central del bajío. (Tesis de licenciatura) México (CDMX) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM 1981.
6. Benson G. Tandem repeats finder: a program to analyze DNA sequences. Nucleic Acids Res 1999; 27:573-580.
7. Bannerman D, Paape M, Lee J, Zhao X, Hope J, Rainard P. *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* elicit differential innate immune responses following intramammary infection. Clin Diagn Lab Immunol 2004; 463-472.
8. Bannerman D. Pathogen-dependent induction of cytokines and other soluble inflammatory mediators during intramammary infection of dairy cows. J Anim Sci 2009; 10-25.
9. Bougarn S, Cunha P, Harmache A, Fromageau A, Gilbert F, Rainard P. Muramyl dipeptide synergizes with *Staphylococcus aureus* lipoteichoic acid to recruit neutrophils in the mammary gland and to stimulate mammary epithelial cells. Clin Vacc Immunol 2010; 1797-1809.
10. Bonilla CS, Rosas MS, Hernández AL, Díaz AE, Villa GR, Hernández ZJS. Agentes etiológicos involucrados en la mastitis subclínica en cabras lecheras. Memorias del XXVII Congreso Nacional de Buiatria; 2003 Villahermosa (Tabasco) México.
11. Bulgari O, Dong X, Roca A, Caroli A, Loor J. Innate immune response induced by lipopolysaccharide and lipoteichoic acid in primary goat mammary epithelial cells. J Anim Sci Technol 2017; 8:29.
12. Carter GR. Diagnostic procedures in veterinary bacteriology and mycology. 4th Edition, Charles C Thomas Publisher, EUA, 1984.
13. Cremonesi P, Castiglioni B, Malferrari G, Biunno I, Vimercati C, Moroni *et al.* Improved method for rapid extraction of mastitis pathogens directly from milk. J Dairy Sci 2006; 89: 168-169.
14. Couper K, Blount D, Riley E. IL-10: The master regulator of immunity to infection. J Immunol 2007; 5771-5777.
15. Ezzat-Alnakip M, Quintela-Baluja, Böhme K, Fernández-No I, Caamaño-Antelo S, Calo-Mata P, Barros-Velázquez J. The immunology of mammary gland of dairy ruminants between healthy and inflammatory conditions. J Vet Med 2014; 1-31
16. Faoucon F, Rebours E, Bevilacqua JC, Aubert J, Makhzami S, Dhorne-Pollet S, Robin S, Martin P. Terminal differentiation of goat mammary tissue during pregnancy requires the expression of genes involved in immune functions. Physiol Genomics 2009; 61-82.
17. Fonseca I, Vendramini P, Lange C, Guiamaraes M. del Cambre M, Silva K, Savio P, Domingos J, Guimaraes S. Expression profile of genes associated with mastitis in dairy cattle. Genet Mol Biol 2009; 776-778.
18. Fournier B, Philpott D. Recognition of *Staphylococcus aureus* by the innate immune system. Clin Microbiol Rev 2005; 521-540.
19. Günther J, Esch K, Poschadel N, Petzl W, Zerbe H, Mitterhuemer S, Blum H, Seyfert H. Comparative kinetics of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* specific activation of key immune pathways in mammary epithelial cells demonstrates that *Staphylococcus aureus* elicits a delayed response dominated by interleukin-6 (IL-6) but not by IL-1A or tumor necrosis factor alpha. Infect Immun 2011; 695-707.

20. Hu X, Paik P, Chen J, Yarilina A, Kockeritz L, Lu T, Woodgett J, Ivashkiv L. IFN-γ supresses IL-10 production and synergizes with TLR2 by regulating GSK3 and CREB/AP-1 proteins. Immunity 2006; 563-574.
21. Lahouassa H, Moussay E, Rainard P, Riollet C. Differential cytokine and chemokine responses of bovine mammary epitelial cells to *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli.* Cytokine 2007; 12-21.
22. Leitner G, Merin U, Krifucks O, Blum S, Rivas AL. Effects of intra-mammary infection with coagulase negative staphylococci and stage of lactation on shedding epithelial cells and infiltration of leukocytes into milk: comparison among cows, goats and sheep. Vet Immunol and Immunopathol 2012; 147: 202-210.
23. Lee JW, Bannerman D, Paape M, Huang M, Zhao X. Characterization of cytokine expression in milk somatic cells during intramammary infections with *Escherichia coli* or *Staphylococcus aureus* by real-time PCR. Vet Res 2006; 219-229.
24. Livack KJ, Schmiigen TD. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitive PCR and the $2^{-\Delta\Delta ct}$ method. Methods 2001; 402-408.
25. Megyeri K, Mandi Y, Degre M, Rosztoczy I. Induction of cytokine production by different staphylococcal strains. Cytokine 2002; 206-212.
26. Nogueira de Souza F, Ramos-Sánchez EM, Heineman MB, Ake-Gidlund M, Campos-Reis L, García-Blagitz M, Della-Libera AM, Pinho-Cerqueira MM. The innate immunity in bovine mastitis: the role of pattern-recognition receptors. Am J Immunol 2012; 8: 166-178.
27. Oviedo BJ, Valdés AJ, Cajero JM, Ochoa ZA, López MJ, Bravo PA, Baizabla AV. Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. J Infect 2007; 54: 399-409.
28. Paape M, Mehrzad J, Zhao X, Detilleux J, Burvenich C. Defense of the bovine mammary gland by polymorphonuclear neutrophil leukocytes. Mammary Gland Biol *Neoplasia* 2002; 7: 109-121.
29. Persson-Waller K, Colditz IG, Seow HF. Accumulation of leucocytes and cytokines in the lacting ovine udder during mastitis due to *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Res Vet Sci 1997; 63-66.
30. Pyörälä S, Taponen S. Coagulase-negative staphylococci-emerging mastitis pathogens. Vet Microbiol 2009; 134: 3-8.
31. Piccart K, Verbeke J, De Visscher A, Piepers S, Haesebrouck F, De Vliegher S. Local host response following an intramammary challenge with *Staphylococcus fleuretti* and different strains of *Staphylococcus chromogenes* in dairy heifers. Vet Res 2016; 47-56.
32. Riollet C, Rainard P, Poutrel B. Differential induction of complement fragment C5a and inflammatory cytokines during intramammary infections with *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Clin Diagn Lab Immunol 2000; 161-167.
33. Ruiz-Romero RA, Cervantes-Olivares RA, Martínez-Gómez D, Ducoing-Watty AE, Hernández-Andrade L. Desarrollo de una PCR multiple para la identificación de *Staphylococcus* spp como causa de mastitis caprina. *Arch Med Vet* 2013; 327-331.
34. Ruiz-Romero RA, Cervantes-Olivares RA, Ducoing-Watty AE, Martínez-Gómez D, Díaz-Aparicio E, and Méndez-Olvera ET. Genetic Analysis Method for *Staphylococcus chromogenes* Associated with Goat Mastitis. Polish J Microbiol 2018; 67: 171-180. DOI: 10.21307/pjm-2018-019
35. Simojoki H, Orro T, Taponen S, Pyörälä S. Host response in bovine mastitis experimentally induced with *Staphylococcus chromogenes*. Vet Microbiol 2009; 134: 95-99.
36. Taponen S, Pyörälä S. Coagulase-negative staphylococci as cause of bovine mastitis: not so different from *Staphylococcus aureus*? Vet Microbiol 2009: 29-36.
37. Thompson-Crispi K, Atalla H, Miglior F, Mallard B. Bovine mastitis: frontiers in immunogenetics. Front Immunol 2014; 5: 10.
38. Yang W, Zerbe H, Petzl W, Brunner R, Günther J, Draing C, Von Aulock S, Schubert H, Seyfert H. Bovine TLR2 and TLR4 properly transduce signals from *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, *but Staphylococcus aureus* fails to both activate NF-Kβ in mammary epithelial cells and to quickly induce TNF-α and interleukin-8 (CXCL) expression in the udder. Mol Immun 2008; 1385-1397.

EFICIENCIA DE LA ELIMINACIÓN DE *S. aureus* EN UN SISTEMA DE ORDEÑO MECÁNICO DE BOVINOS CON LAVADO AUTOMÁTICO

Ortega A.S.E., Santiago A.C.A., Chávéz G.E.F., De la Rosa R.M.A., Carrisoza U.I.*

Resumen

Obtener leche de calidad requiere buenas prácticas de ordeño, por lo que cada uno de los pasos es importante, incluido entre ellos, la limpieza de la máquina de ordeño. *Staphylococcus aureus* es un patógeno causante de una gran variedad de enfermedades y uno de los principales agentes causales de mastitis contagiosa, considerada una de las enfermedades más importantes a nivel mundial en el ganado bovino lechero; esta patología tiene impacto en la producción, bienestar animal y calidad de la leche. El objetivo de este trabajo fue evaluar el sistema de limpieza de una ordeñadora mecánica rotatoria mediante la identificación de la presencia de *S. aureus* tanto en las vacas como en el mismo sistema en una producción de Tequisquiapan Querétaro. Se trabajó con 72 muestras provenientes de 36 vacas que fueron muestreadas antes y después de pasar por la maquína de ordeño, así como un total de 216 muestras obtenidas de cada uno de los 6 pasos de limpieza en 12 plazas por triplicado, todas las muestras fueron elegidas aleatoriamente y sembradas en gelosa sal y manitol e incubadas a 37 ºC por 24-48 horas e identicadas por criterios de Cowan y Steel y posteriormente por PCR mediante la amplificación del gen *nucA*. Se encontró una frecuencia de 13.8% de aislamientos en vacas, de cuales el 8.3% (60% del total de *S. aureus*) dío positivo a aislamiento después de pasar por la pezonera, en cuanto a la ordeñadora sólo se encontraron alguas cepas de *Staphylococcus* sp. en el paso después de la ordeña. Con este trabajo podemos observar que el sistema de limpieza es eficiente de manera general, sin embargo, durante el proceso existe contaminación cruzada entre las vacas por lo que es necesario establecer el proceso de limpieza y desinfección de pezoneras entre cada vaca.

Introducción

Los sistemas de ordeño mecánico hacen más eficiente el procedimiento de producción lechera, y uno de los factores que afectarán la calidad de la leche son las buenas prácticas de higiene, además del estado de salud de los bovinos, esto para un buen rendimiento de producción.

El lavado automático del sistema de ordeño abarca puntos importantes desde la materia prima como el agua hasta las sustancias que ayudarán al arrastre de grasas, proteínas, minerales y evitarán la formación de biopelículas. Al momento de evaluar todos estos pasos de lavado se asegura que el proceso está funcionando de forma correcta, disminuyendo el riesgo de contaminación de la leche y la transmisión de mircoorganismos entre bovinos (Mein, 2012; Odorčić *et al*., 2019).

S. aureus es una bacteria comensal, considerada un patógeno oportunista. Coloniza principalmente la piel y las mucosas, se menciona que aproximadamente el 30% de la población humana adulta sana está colonizada por esta bacteria; como agente oportunista tiene el potencial de causar una amplia gama de enfermedades, en animales, los problemas más comunes son las infecciones de la piel (Jenul y Horswill, 2018).

Dada la diversidad de patógenos que deben ser identificados, la mastitis es una enfermedad compleja. Se han identificado más de 150 especies bacterianas como agentes causales de mastitis. Bacterias Gram positivas y negativas pueden causar mastitis. Dentro de las que destacan, bacterias Gram negativas como *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, mientras las bacterias Gram positivas incluyen varias especies de estafilococos y estreptococos, principalmente *Staphylococcus aureus* (Angelopoulou *et al*., 2018).

En bovinos, *S. aureus* es considerado como un agente patógeno infeccioso causante de mastitis, ya que esta bacteria tiene la capacidad de colonizar objetos que entran en contacto con los pezones de las vacas durante el proceso de ordeño, lo que genera que esta bacteria se transmita de un pezón de una vaca infectada al pezón de una vaca no infectada propagándose en el hato, por otra parte la contaminación de la leche, representa un problema económico debido a las pérdidas que genera por disminución en la producción, disminución en incentivos por incremento en la cantidad de células

* *Carrisoza Urbina Iván. Calle del faisán S/N, barrio la bola Ezequiel Montes, Querétaro C.P.76655. carrisozaurbina@yahoo.com.mx, 5539519588.

somáticas, incremento en el diagnóstico, tratamiento y eliminación de vacas positivas y la alteración en la calidad de la leche y sus derivados. El establecimiento de la infección generalmente se llevan a cabo tres etapas; en la primera de ellas las cepas de *S. aureus* se adhieren a las células hospederas esto representa un gran problema ya que el encontrarla en superficies representa posibles casos de contaminación cruzada (Castañón, 2012; Angelopoulou *et al*., 2018).
Por lo anterior, en este estudio se evaluó el sistema de limpieza de una ordeñadora rotatoria mediante la presencia de *S. aureus* durante el proceso de lavado automático.

Material y Métodos
Toma de muestra. Se seleccionaron aleatoriamente 12 pezoneras de 12 plazas de la ordeñadora de donde se tomó, misma que fue previamente marcada, la muestra consistió en 10 mL de agua peptonada estéril con la que se hizo un enjuague de cada una de las pezoneras en cada tiempo de lavado: después de la desinfección, del ordeño, del arrastre, del lavado alcalino, del lavado ácido y de la desinfección, de la siguiente manera, en la pezonera marcada se vertió el agua peptonada, enseguida se hicieron movimientos de derecha a izquierda y finalmente se regresó el agua al tubo para mantenerlo en refrigeración hasta procesar la muestra.
Además, durante la ordeña se tomó un hisopado del pezón que entrará en la pezonera marcada previamente. Se identificó y registró el cuarto al que se le tomó la muestra, misma que se hizo en dos tiempos: después del protocolo de limpieza de los pezones previo y después del ordeño, dichas muestras fueron transportadas en medio Stuart en refrigeración hasta su procesamiento.
Aislamiento e identificación de *S. aureus*. Todas las muestras fueron sembradas por estría cruzada en gelosa sal y manitol y se incubaron a 37 °C durante 24-48 horas, concluido el tiempo se colectaron las colonias con morfología presuntiva para *S. aureus* las cuales fueron sembradas en agar soya-triptona y se incubarán a 37°C durante 24 horas, con la biomasa obtenida se hicieron pruebas de coagulasa y PCR (den Reijer *et al*., 2013).

Resultados
En la evaluación de los pasos del lavado se encontró que en después del ordeño hubo un 41.67% de aislamientos de *Staphylococcus* sp, seguido del lavado ácido con un 22.22%, y de un 8.33% y 2.78% de los pasos de desinfección inicial y arrastre, respectivamente, mientras que los pasos de lavado alcalino y desinfección final no presentaron ninguna cepa aislada (Figura 1). Sin embargo, ninguna de las cepas aisladas resultó ser *S. aureus*.

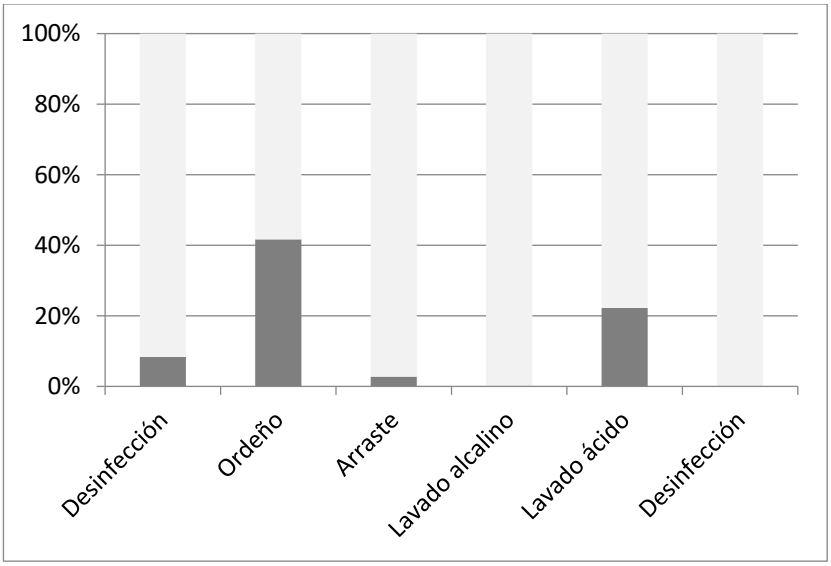


Figura 1. Porcentajes de aislamiento de Stahylococcus sp de los pasos de lavado de la ordeñadora mecánica.

Por otro lado, del total de vacas se obtuvo un 58.33% de aislamientos de *Staphylococcus* sp, del total de cepas aisladas el 57.14% fue encontrado antes de pasar por la ordeñadora, mientras que el 42.86% de cepas aisladas fue después de pasar por la ordeñadora.
En cuanto a el aislamiento *S. aureus* se obtuvo un 13.8% de aislamientos en las vacas muestreadas, auque es de destacar que el 60% de las cepas aisladas fue identificado después de pasar por la ordeñadora.
Por lo que del total de cepas de *Staphylococcus* sp aisaldas solo el 23% corresponde a *S. aureus*.

Discusión y Conclusiones
Una de las principales medidas a controlar durante el proceso de ordeño es correcto lavado del equipo de ordeña, en el que se busca la eliminación y/o reducción de riesgos microbiológicos que podrían representar un impacto sobre las enfermedades en bovinos, por lo que la identificación de *S. aureus* es de gran importancia dentro de este ámbito ya que se reconoce como uno de los principales agentes contagiosos etiológicos de mastitis bovina en países de gran desarrollo lechero (Bedolla, 2008).
Aunque se identificaron varias cepas de *Staphylococcus* sp, la identidad de *S. aureus* se confirmó la identidad utilizando el gen *nucA*, ya que es un marcador idóneo presente únicamente en esta especie de estafilococos (Canning *et al*., 2020).
Los resultados para este estudio indican que sólo un 23% son cepas confirmadas como *S. aureus*, este resultado es similar a algunos reportes como el realizado en fincas del Estado de Zulia en 2010, en el que se trabajó con 420 muestras donde se obtuvo crecimiento bacteriano, reportando una prevalencia del 17% de aislamientos correspondientes de *S. aureus* causante de mastitis bovina subclínica (Valero-Leal *et al*., 2010). Además, resulto menor en comparación con un otros como en 2017 al Norte de Santander, Colombia, donde *Staphylococcus* spp fue reportado como el mayor agente causal de mastitis subclínica contagiosa, teniendo una incidencia del 87.6%, de los cuales 206 de los aislamientos (68.4%) fueron *S. aureus* (Mendoza *et al.*, 2017). Se destaca que, en este estudio a pesar de que *S. aureus* se reportó como el principal agente etiológico, existen otros microorganismos causantes de esta patología, entre los reportados han sido *Staphylococcus haemolyticus, S. simulans, S. saprophyticus* y *Streptococcus agalactiae* y coliformes.
Por otro lado, el encontrar un porcentaje mayor de *S. aureus* después de que la vaca pasa por la ordeñadora significa que se trata de una contaminación cruzada, y la presencia de este microorganismos representa un problema que debe ser reducido, si bien en la ordeñadora no se encontró a este patógeno valdría la pena la implementación de lavado y desinfección de las pezoneras después del proceso de ordeño de cada vaca, además de considerar evaluar la manipulación del operador, asi como los residuos de químicos u otras fuentes externas estén limitadas al momento de llevar a cabo la ordeña, haciendo que el proceso sea seguro para el animal y para el producto obtenido (Mein, 2012).
Es de gran importancia que se realicen este tipo de estudios en el área veterinaria ya que, además de representar un problema de salud pública, la mastitis subclínica puede pasar inadvertida debido a que las cepas de *S. aureus* no muestran su verdadero potencial patógeno y esto impacta en pérdidas económicas relacionadas con los productos derivados de la leche, además si no es tratada la infección de manera oportuna puede comprometer la salud del ganado impactando fuertemente en la economía granadera.

Literatura citada

- Angelopoulou, A., Field, D., Ryan, C. A., Stanton, C., Hill, C., & Ross, R. P. (2018). The microbiology and treatment of human mastitis. Med Microbiol Immunol., 207(2), 83–94. https://doi.org/10.1007/s00430-017-0532-z
- Bedolla, P. (2008). Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. Redalyc, 4 (10): 1-26
- Canning, B., Mohamed, I., Wickramasinghe, N., Swindells, J., O'Shea, M.K. (2020). Thermonuclease test accuracy is preserved in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates. J Med Microbiol., 69 (4): 548-551 doi: 10.1099/jmm.0.001166
- Castañón, S.C. (2012). Patogenia molecular de *Staphylococcus aureus*. Medigraphic. Evid Med Invest salud., 5 (3): 79-84. https://www.medigraphic.com/pdfs/evidencia/eo-2012/eo123b.pdf

- den Reijer, P.M., Lemmens-den, T.N., Kant, S., Snijders, S.V., Boelens, H., Tavakol, M., Verkaik, N.J., van Belkum, A., Verbrugh, H.A., van Wamel, W.J. (2013). Characterization of the humoral immune response during *Staphylococcus aureus* bacteremia and global gene expression by *Staphylococcus aureus* in human blood. PLoS One., 8(1):e53391. doi: 10.1371/journal.pone.0053391. Epub 2013 Jan 7. PMID: 23308212; PMCID: PMC3538780.
- Jenul, C., & Horswill, A.R. (2019). Regulation of Staphylococcus aureus Virulence. Microbiol spectrum, 7(2), 10.1128/microbiolspec.GPP3-0031-2018. https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0031-2018
- Mein, G.A. (2012). The role of the milking machine in mastitis control. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, 28(2), 307–320. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.004
- Mendoza, J.A., Vera, Y., Peña, L.C. (2017). Prevalencia de mastitis subclínica, microorganismos asociados y factores de riesgo identificados en hatos de la provincia de Pamplona, Norte de Santander. Rev de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia., 64(2): 11 doi.org/10.15446/rfmvz.v64n2.67209
- Odorčić, M., Rasmussen, M.D., Paulrud, C.O., & Bruckmaier, R.M. (2019). Review: Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. Animal : an international journal of animal bioscience, 13(S1), s94–s99. https://doi.org/10.1017/S1751731119000417
- Valero Leal, K., Valbuena, E., Chacón, F., Olivares, Y., Castro, G., Briñez, W. (2010). Patógenos contagiosos y ambientales aislados de cuartos mamarios con mastitis subclínica de alto riesgo en tres fincas del estado Zulia. Rev Científica., 20(5): 498-505

FORMACIÓN DE BIOPELÍCULA Y DETERMINACIÓN FENOTÍPICA DE BETALACTAMASAS DE ESPECTRO EXTENDIDO (BLEE) EN CEPAS DE Klebsiella pneumoniae PROCEDENTES DE CASOS DE MASTITIS BOVINA.

Ricardo G.I.D.[1*], Hernandez A. L., Del Monte A. L.[1]

[1]Laboratorio de bacteriología. CENID Salud Animal e inocuidad- INIFAP
[2]Departamento de Medicina y Zootecnia en Rumiantes. FMVZ UNAM

Resumen

Las enterobacterias son agentes son unas de los principales agentes causales de mastitis, sin embargo, *Klebsiella pneumoniae* solo representa el 4% de los casos de mastitis clínica. En la actualidad han cobrado especial importancia las Betalactamasas de Espectro Extendido (BLEE) como uno de los mecanismos de resistencia a betalactámicos más potentes de las enterobacterias, estas BLEE son enzimas capaces de hidrolizar las penicilinas, todas las cefalosporinas (menos las cefamicinas) y las monobactámicos. El objetivo de este trabajo fue determinar fenotípicamente la presencia de BLEE por medio de pruebas de sensibilidad a antimicrobianos en cepas *de K. penumoniae y E. coli* procedentes de casos de mastitis bovina. Se analizaron 16 muestras procedentes de casos de mastitis bovinas, la caracterización de los agentes se realizó mediante identificación morfológica con tinción de Gram y pruebas bioquímicas de rutina para enterobacterias. Obteniéndose 10 cepas de *K. pneumoniae*., las cuales fueron masivamente en agar Müller Hilton con turbidez equivalente al tubo de Mac Farland No. O.5, colocando sensidiscos impregnados con Aztreonam (ATM), Ceftriaxona (CRO) y Ceftazidima (CAZ) como prueba de tamizaje, a partir de las cuales se seleccionaron las cepas que tuvieran halos de inhibición mayores a: ATM 27mm, CAZ 22mm y CRO 25mm. La detección de BLEE de realizó por el método Hodge, el cual consistió en elaborar una suspensión de la cepa de *E. coli* ATCC 25922, con turbidez equivalente al tubo No. 0,5 de la escala de Mac Farland, esta suspensión se inoculó en una placa de agar Mueller Hinton. Se utilizó una placa por cada disco de Cefotaxima (CTX), Ceftriaxona (CRO), Aztreonam (ATM) y Ceftazidima (CAZ), donde realizó una estría de 2 cm de las cepas problemas resultados de las pruebas de tamizaje, desde el centro hacia afuera del disco. La presencia de la enzima se identificó al observar una deformación del halo de inhibición de la cepa de *E. coli* ATCC 25922 al disco con el sustrato en forma de hendidura. Se obtuvieron solo 2 cepas positivas a presencia de BLEE por este método, lo que representa un 20% de las cepas analizadas, sin embargo, el resto de las cepas analizadas presentaron un grado variable de resistencia a los antimicrobianos analizados de manera individual. El encontrar 2 cepas de *K. pneumoniae* con presencia de estas BLEE enciende los focos rojos para tomar conciencia de las posibles consecuencias de la diseminación de estos genes de resistencia entre los animales de producción en México y su posible efecto en la salud pública.

Palabras clave: Betalactamasas de espectro extendido, *K. penumoniae*, mastitis bovina.

Introducción

Dentro de las enterobacterias que pueden afectar a la ubre del ganado lechero, la más “conocida” es la bacteria *E coli*, sin embargo, el género *Klebsiella* esta cobrando especial importancia en casos de infecciones intramamarias, se estima que alrededor del 4% de los casos de mastitis clínicas se asocian a *Klebsiella pneumoniae*.

Si bien existen numerosos factores que influyen en la presentación de la mastitis, estos responden principalmente a causas traumáticas o a la infección por microorganismos patógenos, entre los

[*] Israel Daniel Ricardo González. Circuito exterior de la investigación S/N. Ciudad Universitaria.dricardo007@hotmail.com

cuales algunas especies bacterianas como las enterobacterias juegan un rol particularmente importante.

Considerando este último aspecto, la terapia de la mastitis clínica se focaliza fundamentalmente en la eliminación del agente infeccioso, utilizando como primera herramienta terapéutica los antimicrobianos; Sin embargo, aunque los antimicrobianos representan el 45% de la venta total de fármacos utilizados en animales de producción, existe escasa información sobre los patrones de sensibilidad de estos fármacos, especialmente de la presencia de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en las enterobacterias aisladas a partir de casos de mastitis bovina.

Las BLEE se definen como enzimas capaces de hidrolizar las penicilinas, todas las cefalosporinas (menos las cefamicinas) y los monobactámicos, pero no los carbapenémicos. Las BLEE se caracterizan por ser inhibidas por el ácido clavulánico, sulbactam y tazobactam. En 1983 se descubrió en Alemania la primera enzima capaz de hidrolizar las cefalosporinas de más amplio espectro y desde entonces, el número de BLEE descritas ha aumentado de forma exponencial y han sido motivo de atención para la comunidad médica y científica.

Las BLEE se derivan generalmente de las betalactamasas de espectro reducido codificadas por plásmidos, estas son TEM-1, TEM-2 y SHV-1, que especifican resistencia a la penicilina y cefalosporinas. La capacidad de las BLEEs para inactivar una gama más amplia de antibióticos beta-lactámicos está relacionada con una o más mutaciones en el gen común que codifica para enzimas TEM y SHV.

Estas BLEE son comúnmente encontradas en *E.coli, Klebsiella spp, y Proteus mirabilis*, no obstante, existen otras BLEE que difieren filogenéticamente de TEM y SHV, como las CTX-M (por su actividad hidrolítica preferente por la cefotaxima), encontradas en especies de *Acinetobacter baumannii, Pseudomona aeruginosa, Serratia spp y Enterobacter spp.* A diferencia de otras BLEE, la familia CTX-M constituye un grupo complejo y no homogéneo de enzimas. La alineación de la secuencia de aminoácidos de las diferentes variantes CTX-M permitió clasificar estas enzimas en cinco grupos CTX-M-1, CTX562 M-2, CTX-M-9, CTX-M-8 y CTX-M-25.

Por lo general, cuando se habla de BLEE se refiere únicamente a las enzimas de codificación plasmídica, ya que son éstas las que suponen un mayor problema epidemiológico debido a su elevada capacidad de diseminación. Por consiguiente, la aparición de novedosas betalactamasas puede inactivar nuevos betalactámicos y constituyen un desafío particular tanto para el descubrimiento de nuevos antimicrobianos.

La detección de las BLEE tiene dos problemas básicos: Por una parte, el elevado número de enzimas con características de BLEE que se han descrito y cuyas diferencias fenotípicas, a veces, son muy sutiles. Por otra, la posibilidad de encontrar cepas de enterobacterias que producen enzimas que no deben ser consideradas estrictamente como BLEE, como la hiperproducción de la ß-lactamasa cromosómica AmpC o la codificación plasmídica del gen AmpC por parte de diversos miembros de la familia Enterobacteriaceae, pero cuyo fenotipo puede parecerse al de las BLEE.

Las BLEE se pueden identificar con pruebas simples, aunque no existe una metodología que aúne sensibilidad, especificidad y sencillez, dada la complejidad de la detección de las BLEE y sus variantes. Se necesita la identificación de especie, probar paneles amplios de antibióticos y saber cuáles fenotipos son inusuales.

La mayoría de los métodos descritos para detectar microorganismos productores de BLEE han sido diseñados para enterobacterias y se fundamentan en el carácter inhibible de estas enzimas por los inhibidores de ß-lactamasas. Sin embargo, la aplicación de cualquiera de estos métodos debe ir precedida de un riguroso análisis del perfil de sensibilidad a los antimicrobianos, con los criterios habituales de lectura interpretada del antibiograma, que permita detectar fenotipos compatibles con su presencia.

La formación de biopelícula en Klebsiella pneumoniae y Escherichia coli es de suma importancia en el contexto de la salud pública y la medicina clínica. Estas bacterias patógenas son responsables de una amplia gama de infecciones tanto en el ambiente hospitalario como en la comunidad. La capacidad de formar biopelículas les confiere una ventaja significativa para sobrevivir y proliferar en diversas superficies y tejidos, lo que aumenta su virulencia y resistencia a los tratamientos antimicrobianos.

Las biopelículas bacterianas son estructuras tridimensionales formadas por comunidades de microorganismos que se adhieren a superficies bióticas o abióticas y se encuentran envueltas en una matriz polimérica producida por ellas mismas. En el caso de Klebsiella pneumoniae y Escherichia coli, estas biopelículas actúan como refugios protectores, lo que les permite resistir mejor las defensas del sistema inmunitario del huésped y los efectos de los antibióticos. Además, la formación de biopelículas favorece la transmisión horizontal de genes de resistencia a los antibióticos entre bacterias, lo que agrava el problema de la resistencia antimicrobiana y dificulta aún más el tratamiento de las infecciones causadas por estos patógenos. Por tanto, comprender los mecanismos y la regulación de la formación de biopelículas en Klebsiella pneumoniae y Escherichia coli es fundamental para desarrollar estrategias terapéuticas más efectivas y combatir eficazmente estas infecciones cada vez más preocupantes en el ámbito clínico.

El objetivo de este trabajo fue determinar la formación de biopelícula, así como determinar fenotípicamente la presencia de BLEE por medio de pruebas de sensibilidad a antimicrobianos en cepas de *K. penumoniae y E. coli* procedentes de casos de mastitis bovina.

Material y Métodos

El presente trabajo se realizó a partir de 10 muestras de casos de mastitis clínicas enviadas al CENID salud animal e inocuidad del INIFAP, las cuales al ser recibidas fueron sembradas en cajas divididas con agar sangre y Mc Conkey.

La identificación se realizó por medio de frotis, tinción de Gram y pruebas bioquímicas tradicionales, obteniéndose 10 muestras identificadas como *Klebsiella pneumoniae*.

Las cepas identificadas como *K. pneumoniae* fueron sembradas fueron sembradas masivamente en agar Müller Hilton con turbidez equivalente al tubo de Mac Farland No. O.5, colocando sensidiscos impregnados con Aztreonam (ATM), Ceftriaxona (CRO) y Ceftazidima (CAZ) como prueba de tamizaje, esto con el fin de detectar las BLEE derivadas de TEM, SHV, PER-2 y CTXM, a partir de las cuales se seleccionaron las cepas que tuvieran halos de inhibición mayores a: ATM 27mm, CAZ 22mm y CRO 25mm.

La detección de BLEE de realizó por el método Hodge, el cual consistió en elaborar una suspensión de la cepa de *E. coli* ATCC 25922, con turbidez equivalente al tubo N.° 0,5 de la escala de Mac Farland, esta suspensión se inoculó en una placa de agar Mueller Hinton. Se utilizó una placa por cada disco de Cefotaxima (CTX), Ceftriaxona (CRO), Aztreonam (ATM) y Ceftazidima (CAZ), donde realizó una estría de 2 cm de las cepas problemas resultados de las pruebas de tamizaje, desde el centro hacia afuera del disco. La presencia de la enzima se identificó al observar una deformación del halo de inhibición de la cepa de *E. coli* ATCC 25922 al disco con el sustrato en forma de hendidura.

La prueba de formación de biopelícula en placa se realizó por triplicado colocando 100 µl de caldo BHI y 100 µl de una solución *de K. pneumoniae* estandarizada al tubo 0.5 de McFarland, como control positivo se utilizó una cepa *de S. aureus* cepa Cowan (SAC) Las placas se tiñeron con cristal violeta al 0.1% y se leyeron con un lector de placas de ELISA a una longitud de onda de 492nm.

El análisis de datos se realizó mediante una ANOVA y una prueba de Tukey, utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics 22.0.

Resultados

Durante la prueba de tamizaje solo 4 de las 10 muestras de *k. pneumoniae* resultaron sugerentes a presencias de BLEE representando el 40% de las muestras analizadas (Cuadro 1)

Tabla 1. Patrón de sensibilidades a ATM, CRO y CAZ - Prueba de Tamizaje (mm)

Muestra	ATM	CRO	CAZ
1*	24	22	18
2	32	28	25
3*	23	17	21
4	34	40	28
5	31	29	26
6*	15	20	22
7	32	27	29
8	31	34	35
9	30	35	36
10*	14	19	21

* Cepas sugerentes a presencia de BLEE

Al realizar la prueba doble de Hodge de las 4 cepas sugerentes a la presencia de BLEE solo 2 mostraron el patrón de crecimiento característico en forma de campana, representando el 20% de las muestras analizadas Figura 1.

Todas las cepas de k. pneumoniae analizadas fueron capaces de formar biopelícula en el material plástico utilizado en la prueba, es importante mencionar que tres de las cepas sospechosas de presentar BLEE´s obtuvieron valores altos en la formación de biopelícula. Tabla 2

Figura 1. Muestras positivas a la prueba Doble de Hudge

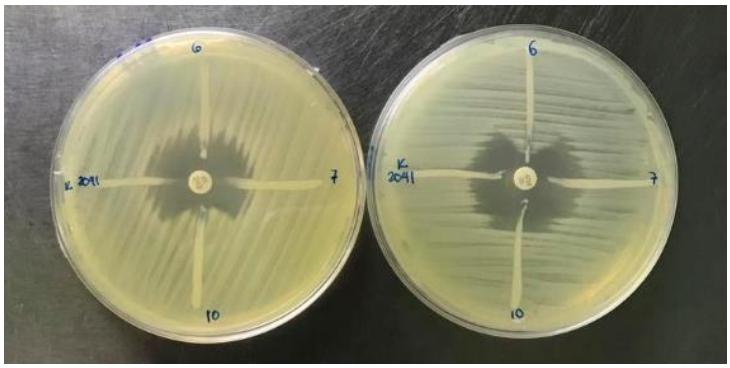


Tabla 2. Promedios de absorbancia obtenida en la prueba de formación de biopelícula en placa

	Microorganisms										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Control positivo
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Absorbance (nm)	0.130_{a}	$0.279_{b,f}$	0.732_{c}	0.350_{d}	0.244_{b}	0.555_{d}	0.920_{e}	1.020_{e}	0.344_{d}	$0.316_{d,f}$	1.120e

Nota: los valores de la misma fila y subtabla que no comparten el mismo subíndice son significativamente diferentes en p< .05 en la prueba bilateral de igualdad para medias de columna. Las casillas sin subíndice no se incluyen en la prueba. Las pruebas asumen varianzas iguales.[1]
1. Las pruebas se ajustan para todas las comparaciones por parejas dentro de una fila de cada subtabla más interna utilizando la corrección Bonferroni.

Discusión y conclusiones

Si bien en los resultados encontrados en el presente trabajo, solo 2 cepas de las 10 analizadas de *K. pneumoniae* presentaron evidencia fenotípica de presencia de BLEE es importante recalcar que las otras 2 que resultaron sugerentes presentaron grados de resistencia intermedios a los antimicrobianos analizados.

Si bien no se dispone de información acerca de la identificación de este tipo de mecanismos de resistencia en bacterias del genero *Klebsiella* aisladas de casos de mastitis bovina, sin embargo, estas ya se han reportado en pollos de engorda y cerdos. (Uromova, 2015)

La importancia de estas BLEE y su presencia en animales de producción radica en la posible transmisión y propagación de estos genes por medio de infecciones zoonóticas, Hopkins et al., 2006; Naseer et al., 2010; han descrito ya la posible transmisión de BLEE que produce *E. coli* de ganado bovino y porcino a humanos, esto a través de la asociación de genes de resistencia encontrados tanto en cepas de origen animal y humano. Por otro lado, Moodley et al., 2009 ha hablado de la probabilidad de propagación de genes de resistencia del BLEE de cerdos a humanos por medio de determinantes genéticos en humanos y animales.

En conclusión, encontrar 2 cepas de *K. pneumoniae* con presencia de estas BLEE enciende los focos rojos para tomar conciencia de las posibles consecuencias de la diseminación de estos genes de resistencia entre los animales de producción en México y su posible efecto en la salud pública, esto obliga a los médicos veterinarios dedicados a la salud de glándula mamaria en poner énfasis en las actividades de prevención de mastitis y en el correcto uso de las terapias antimicrobianas con el fin de disminuir la prevalencia de infecciones intramamarias causadas por enterobacterias.

Agradecimientos:

Trabajo realizado con recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología del CDNID SAI-INIFAP

Literatura consultada

1. Alvarez AD. Identificación de betalactamasas de espectro extendido en enterobacterias. Rev haban cienc méd v.9 n.4 Ciudad de La Habana oct.-nov. 2010
2. Al-Jasser A.: Extended spectrum beta-lactamases (ESBL): a global problem. Kuwait Medicine J. 2006, 38, 171-185.
3. Camacho ML, Perozo MA, Castellano GM, Bermúdez NE, Harris SB. Métodos fenotípicos para la detección de betalactamasas de espectro extendido en cepas de Escherichia coli y Klebsiella pneumoniae. Rev Soc Ven Microbiol 2004;24(1-2):132-9.
4. Hopkins K.L., Liebana E., Villa L., Batchelor M., Threlfall E.J., Carattoli A.: Replicon typing plasmids carrying CTX-M or CMY beta lactamases circulating among Salmonella and Escherichia coli isolates. Antimicrobial Agents Chemotherapy 2006, 50, 3203-3206.
5. Lezameta L., González-Escalante E., Tamariz J. Comparación de cuatro métodos fenotípicos para la detección de beta-lactamasas de espectro extendido. Rev. perú. med. exp. salud publica v.27 n.3 Lima jul./set. 2010
6. Naseer U., Haldorsen B., Simonsen G.S., Sundsfiord A.: Sporadic occurrence of CMY-2 producing multidrug-resistant Escherichia coli of STcomplexes 38 and 448, and ST131 in Norway. Clinical Microbiology Infectious Diseases 2010, 16, 171-178.
7. Moodley A., Guardabassi L.: Transmission of IncN plasmids carrying bla CTX-M-1 between commensal Escherichia coli in pigs and farm workers. Antimicrobial Agents Chemotherapy 2009, 53, 1709-1711
8. Oliver A, Cantón R. Enterobacterias productoras de ß-Lactamasas plasmídicas de espectro extendido. Madrid: Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC); 2003.
9. Paterson D.L., Mulazimoglu L., Casellas J.M., Ko W.C., Goossens H., Von Gottberg A., Mohapatra S., Trenholme G.M., Klugman K.P., Mccormack J.G., Yu V.L.: Epidemiology of ciprofloxacin resistance and its relationship to extended-spectrum beta-lactamase production in Klebsiella pneumoniae isolates causing bacteremia. Clinical Infectious Diseases 2000, 30, 473-478.
10. Ramos-Godínez A, Hernández-Pedroso W, Nodarse- Hernández R, Padrón-Sánchez A, De Armas-Alonso E, Del Rosario-Cruz L. Detección precoz de enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido en pacientes graves. Rev Cub Med Int Emerg. 2006;5(1):294- 301.
11. Uromova V. Extended spectrum beta lactamase producing animal enterobacteriaceae isolates as potential risk to public health – review. Revue Méd. Vét., 2015, 166, 7-8, 192-207

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *Mycoplasma* EN BECERRAS HOLSTEIN CON ENFERMEDAD RESPIRATORIA

Manzo S.A.*, Jaramillo M.L., Díaz O.F., Hernández A.L., Pérez G.R., Díaz M.G.

Resumen

Las enfermedades respiratorias generan importantes pérdidas económicas en los sistemas de producción bovina, dentro de los agentes infecciosos identificados con mayor frecuencia en estos padecimientos se encuentran diferentes especies de *Mycoplasma*, si bien *M. bovis* es la especie predominante, *M. dispar* y *M. bovirhinis* también han sido reportadas; por lo cual, el objetivo de este estudio fue aislar e identificar por PCR especies del género *Mycoplasma* a partir de hisopados nasales de becerras con síntomas de enfermedad respiratoria. Se seleccionaron dos hatos de estudio, uno ubicado en el Estado de México y otro en el estado de Hidalgo. Una vez identificados los animales enfermos, se tomaron muestras de exudado nasal para hacer el cultivo bacteriológico en medio de Friis y, por otro lado, reacciones en cadena de la polimerasa (PCR) específicas de género y especie. *Mycoplasma* spp se aisló en 33 de las 80 muestras (41.3%), mientras que 47 fueron positivas a la PCR de género (58.8%). Mediante el uso de las diferentes PCR, se identificó a *M. bovis* en el 21.3% de las muestras, a *M. dispar* en el 18.8% y a *M. bovirhinis* en el 8.8%. En ambos hatos se identificaron casos con infecciones mixtas por dos o hasta tres especies de *Mycoplasma*. El control de las enfermedades respiratorias en los hatos, depende en gran medida de la capacidad para realizar un diagnóstico confiable y rápido; por lo cual las alternativas de diagnóstico basadas en la biología molecular se prefieren a fin de identificar con precisión los microorganismos involucrados y así, evitar los efectos negativos en los parámetros productivos y reproductivos en los hatos. Los resultados de aislamiento y detección por PCR obtenidos en este trabajo, evidenciaron la presencia de *M. bovis*, *M. dispar* y *M. bovirhinis* en los hatos en estudio.

Introducción

Muchas especies de *Mycoplasma* son patógenas para el ser humano y los animales. En ganado bovino estas bacterias pueden causar neumonía, conjuntivitis, otitis, artritis, mastitis, infertilidad y aborto. *Mycoplasma bovis* es la principal especie involucrada en casos de enfermedad respiratoria bovina (ERB), la cual provoca importantes pérdidas económicas debido a las altas tasas de morbilidad y mortalidad en becerros de entre 2 y 6 semanas de edad (5). Además, la ERB tiene un impacto negativo en el crecimiento, en el rendimiento reproductivo y en la longevidad. En condiciones naturales *M. bovis* se aísla con frecuencia con otros agentes infecciosos de los procesos neumónicos, señalando su efecto sinérgico para producir daño al tejido pulmonar (2). Es considerado el microorganismo más importante de la micoplasmosis bovina en Europa y América del Norte, y uno de los principales patógenos emergentes que amenazan las unidades de producción bovina, (8). *Mycoplasma dispar* y *Mycoplasma bovirhinis*, son otras de las principales especies de micoplasmas implicadas en la ERB. *M. dispar* se aisló por primera vez de pulmones neumónicos de bovinos. Reportes indican que la frecuencia de aislamiento de *M. dispar* en pulmones de becerros sanos fue del 40%, mientras que, a partir de lesiones neumónicas, fue del 92% (10). *M. bovirhinis* es considerado un patógeno secundario, ya que no se han observado síntomas de ERB tras infecciones experimentales; sin embargo, se ha aislado significativamente de becerros neumónicos. A veces se asocia con infecciones causadas por *M. bovis*, *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida* y *Haemophilus somnus*. Pese a la relevante participación de los micoplasmas en este tipo de enfermedades, su diagnóstico no se realiza en muchos de los casos debido a que los

* *Anabelle Manzo Sandoval, CENID-Salud Animal e Inocuidad, carretera México-Toluca, Km 15.5 Col. Palo Alto, C.P. 05110, Alcaldía Cuajimalpa de Morelos, CDMX. manzo.anabelle@inifap.gob.mx, 01(55)38718700 ext. 80390.

microorganismos son fastidiosos para su desarrollo, aunado a los costos de los medios de cultivo, las técnicas utilizadas y a la infraestructura requerida para su aislamiento e identificación (6). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue aislar e identificar por PCR a las especies de *Mycoplasma* asociadas a enfermedad respiratoria en becerros.

Material y Métodos

Se realizaron muestreos por conveniencia en dos establos, uno ubicado en el Municipio de Melchor Ocampo Estado de México (EdoMex) y otro en Tizayuca, Hidalgo. En total, se muestrearon 80 becerras raza Holstein-Friesian, menores de dos meses de edad, con síntomas de ERB (tos, escurrimiento nasal, postración, disnea y debilidad). De cada uno de los animales se tomaron dos muestras de hisopados nasales, uno de ellos se introdujo en medio de transporte Amies y el otro se transportó en un tubo conteniendo PBS estéril. Las muestras en medio Amies fueron sembradas en medio líquido de Friis con la finalidad de aislar y cultivar micoplasmas. A partir de los hisopados nasales transportados en PBS estéril, se extrajo el ADN por calentamiento de los sobrenadantes a 96°C. La identificación molecular del género *Mycoplasma* se efectuó mediante una PCR anidada, la cual amplifica un producto de 350 a 500 pb correspondiente a la región espaciadora intergénica 16S-23S del RNA ribosomal (4). Por otro lado, la identificación de especie *M. bovis* se realizó con la amplificación de una secuencia de 1626 pb del gen de reparación uvrC (11). *M. dispar* se identificó con la amplificación de una región de 548 pb del gen *rpoB,* codificante de la subunidad β de la ARN polimerasa. Para la detección de *M. bovirhinis* se emplearon iniciadores dirigidos a una región del gen rpoB, codificante de la subunidad β de la ARN polimerasa, obteniéndose un producto de amplificación de 397 pb (7). También se realizó la caracterización bioquímica de los aislados de micoplasmas e identificación serológica mediante la prueba de inhibición metabólica utilizando antisueros de referencia específicos a diferentes especies de *Mycoplasma* de origen bovino.

Resultados

Del total de muestras procesadas para el aislamiento de micoplasmas 41.3% (33/80) resultaron positivas, en tanto que el 58.8% (47/80) lo fue a la PCR anidada empleada para la detección del género *Mycoplasma*. Por hato analizado el 64.4% (29/45) de las muestras del EdoMex resultaron positivas a la PCR de género *Mycoplasma*; mientras que, del hato de Hidalgo el 51.4% (18/35) lo fue a esta PCR (Tabla 1).

La principal especie aislada y detectada en el hato del EdoMex fue *M. bovis*, confirmado por identificación serológica y PCR. En tanto que, *M. dispar* fue la especie más frecuente en las muestras analizadas en el hato de Hidalgo (Tabla 1). En ambos hatos se identificaron muestras con dos o tres especies de micoplasmas.

Tabla 1. Porcentajes de recuperación de las especies de *Mycoplasma* identificadas en muestras de hisopado nasal por cultivo y PCR.

Técnica de identificación	Hato	
	Edo. México	Hidalgo
PCR género *Mycoplasma*	29/45 (64.4%)	18/35 (51.4%)
Aislamiento género *Mycoplasma*	20/45 (44.4%)	13/35 (37.1%)
PCR *M. bovis*	13/45 (28.8%)	4/35 (11.4%)
Aislamiento *M. bovis*	10/45 (22.2%)	3/35 (11.4%)
PCR *M. dispar*	8/45 (17.7)	7/35 (20%)
Aislamiento *M. dispar*	5/45 (11.1%)	4/35 (11.4%)
PCR *M. bovirhinis*	4/45 (8%)	3/35 (8.6%)
Aislamiento *M. bovirhinis*	2/45 (4%)	2/35 (5.7%)

Discusión y Conclusiones

Los bovinos jóvenes son más susceptibles a las infecciones por micoplasmas, éstos pueden causar una morbilidad del 60% y una mortalidad hasta del 40%, dependiendo de la especie involucrada. El cultivo bacteriológico es el método más utilizado para el diagnóstico de micoplasmas; sin embargo, estos microorganismos son de lento crecimiento y tienen requerimientos nutricionales exigentes. Con la finalidad de detectar estos patógenos más rápido, se ha propuesto el uso de la PCR, ya que esta técnica facilita la identificación de animales infectados, lo que permite a los clínicos de campo tomar las medidas necesarias para controlar la propagación de estos microorganismos en los establos. En el presente trabajo, se identificaron 3 especies de *Mycoplasma* a partir de muestras de hisopados nasales de becerras con síntomas de enfermedad respiratoria, provenientes de 2 hatos de los estados de Hidalgo y Estado de México. De acuerdo a los resultados obtenidos por PCR, *M. bovis* fue la especie más frecuente ya que se detectó en el 21.3%. Esta especie es un patógeno respiratorio importante del ganado joven y de alta prevalencia en muchos países del mundo (9). *M. dispar* fue la segunda especie más común (18.8%), ha sido detectada en becerros sanos y becerros con ERB, siendo más frecuente en este último grupo (3). Es considerado un patógeno debido a su capacidad de producir neumonía en infecciones experimentales y efectos citopáticos en cultivos de células de bovino. *M. bovirhinis* fue la especie menos frecuente (8.8%), aunque es común encontrarla en becerros con problemas respiratorios y en ocasiones, en infecciones mixtas con *M. bovis* y *M. dispar* (1). En México, existen pocos datos sobre el aislamiento e identificación de micoplasmas en bovinos con enfermedad respiratoria. Sin embargo, los datos obtenidos coinciden con lo reportado por otros grupos de investigación alrededor del mundo (1,12,13), poniendo de manifiesto que *M. bovis*, *M. dispar* y *M. bovirhinis* son 3 de las especies de *Mycoplasma* relacionadas con problemas respiratorios en ganado bovino, observándose particularidades en los hatos analizados. El uso de la PCR punto final permitió la detección de un mayor número de animales infectados por micoplasma, señalando una mayor sensibilidad de las pruebas moleculares empleadas. en relación al cultivo. Nuestro estudio confirmó la presencia de 3 especies de *Mycoplasma* involucradas en casos de ERB en 2 hatos de México.

Fuente financiera

Los resultados obtenidos son parte del proyecto fiscal denominado: “Desarrollo y evaluación de inmunógenos contra las principales especies de micoplasmas asociadas al Complejo Respiratorio Bovino (CRB)”, No. de SIGI 1245635141 del INIFAP.

Literatura citada

1. Deeney, A. S., Collins, R., & Ridley, A. M. (2021). Identification of Mycoplasma species and related organisms from ruminants in England and Wales during 2005-2019. BMC veterinary research, 17(1), 325.
2. Gabinaitiene, A., Siugzdaite, J., Zilinskas, H., Siugzda, R., & Petkevicius, S. (2011). *Mycoplasma bovis* and bacterial pathogens in the bovine respiratory tract. Veterinární medicína, 56(1), 29-35.
3. Gaeta, N. C., Lima, S. F., Teixeira, A. G., Ganda, E. K., Oikonomou, G., Gregory, L., & Bicalho, R. C. (2017). Deciphering upper respiratory tract microbiota complexity in healthy calves and calves that develop respiratory disease using shotgun metagenomics. *Journal of dairy science*, *100*(2), 1445–1458.
4. Harasawa R. (1995). Nested PCR. Application to the detection of mycoplasmas. In:Razin S, Tully JG, editors. Molecular and diagnosis procedures in micoplasmology. Vol. 2. London, Academic Press; pA4.
5. Lima, S. F., Teixeira, A. G., Higgins, C. H., Lima, F. S., & Bicalho, R. C. (2016). The upper respiratory tract microbiome and its potential role in bovine respiratory disease and otitis media. *Scientific reports*, *6*, 29050.
6. Maunsell, F. P., & Donovan, G. A. (2009). Mycoplasma bovis Infections in young calves. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, *25*(1), 139–vii.
7. Maya-Rodríguez, L. M., Carrillo-Casas, E. M., Rojas-Trejo, V., Trigo-Tavera, F., & Miranda-Morales, R. E. (2022). Prevalence of three Mycoplasma sp. by multiplex PCR in cattle with and without respiratory disease in central Mexico. *Tropical animal health and production*, *54*(6), 394.
8. Nicholas R. A. (2011). Bovine mycoplasmosis: silent and deadly. *The Veterinary record*, *168*(17), 459–462.
9. Pardon, B., De Bleecker, K., Dewulf, J., Callens, J., Boyen, F., Catry, B., & Deprez, P. (2011). Prevalence of respiratory pathogens in diseased, non-vaccinated, routinely medicated veal calves. *The Veterinary record*, *169*(11), 278.
10. Šiugždaite, J., Gabinaitiene, A., & Šiugžda, R. (2014). Mycoplasma dispar prevalence in the upper respiratory tract of cattle and the antimicrobial susceptibility of the isolates. Chemical Technology, 1(65),21-26.
11. Subramaniam, S., Bergonier, D., Poumarat, F., Capaul, S., Schlatter, Y., Nicolet, J., & Frey, J. (1998). Species identification of Mycoplasma bovis and Mycoplasma agalactiae based on the uvrC genes by PCR. Molecular and cellular probes, 12(3), 161–169.
12. Sosa, Camila, Tirante, Liliana, Chaves, Javier, Pol, Martín, Ambrogi, Arnaldo, Giraudo, José Angel, & Tamiozzo, Pablo. (2018). Identificación de especies de Mycoplasma y de Ureaplasma diversum en rodeos lecheros de Argentina. *Revista argentina de microbiología*, *50*(1), 31-35.
13. Tortorelli, G., Carrillo Gaeta, N., Mendonça Ribeiro, B. L., Miranda Marques, L., Timenetsky, J., & Gregory, L. (2017). Evaluation of Mollicutes Microorganisms in Respiratory Disease of Cattle and Their Relationship to Clinical Signs. *Journal of veterinary internal medicine*, *31*(4), 1215–1220.

ESTUDIO RETROSPECTIVO DE LESIONES MORFOPATOLÓGICAS ASOCIADAS A CASOS DE ABORTO EN LA CUENCA LECHERA DE TIZAYUCA HIDALGO

Toriz S. D.*, Salinas M. J. A., Ocampo L. J., Vieyra A. R., López O. A., Contreras M. L. A., González H. E. A. y Bedolla A. M. A.

RESUMEN

Los abortos representan un costo de producción que al final se considera una pérdida para la unidad de producción, tanto económicamente como en valor genético; y a nivel mundial entre el 40% y 50% son ocasionados por causas infecciosas que son dependientes de factores como tipo de producción, clima, manejo, etc.

Esta investigación se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza y Diagnóstico de Enfermedades Bovinas (CEYDEB) localizado dentro de la Cuenca Lechera en Tizayuca, Hidalgo. Aquí se realizaron únicamente necropsias a un total de 283 fetos reportados entro los años 2009 y 2022. Posteriormente se realizó la captura de datos durante los meses de febrero a abril de 2023 en un libro de Excel y por último se contabilizó la frecuencia de las lesiones macroscópicas y microscópicas.

En cuanto a las lesiones microscópicas, la presencia de edema en los fetos se puede asociar a *Neospora caninum*, *Brucella abortus*, Diarrea Viral Bovina (DVB), *Leptospira spp.* y/o *Truperella pyogenes;* la placentitis puede generarse gracias a *Neospora caninum*, *Brucella abortus, Toxoplasma gondii, Campylobacter spp.* y Herpesvirus bovino tipo I (Rinotraqueítis infecciosa bovina o IBR); y la presencia de fibrina en tórax y abdomen son causadas por *Brucela abortus.*

Hablando de lesiones microscópicas, la neumonía se relaciona con: broncoaspiraciones, *Toxoplasma gondii*, *Brucella abortus*, *Campylobacter fetus spp., Salmonella spp., Tritrichomonas foetu* y *Neospora caninum*. La hepatitis puede ser causada por: *Toxoplasma gondii*¸ IBR, *Listeria spp., Salmonella spp.,* y *Neospora caninum*. La miocarditis está relacionada a: DVB, *Toxoplasma gondii*, *Nespora caninum*. La miositis puede ser causada por: *Neospora caninum*. Las afecciones de sistema nervioso central se relacionan a: *Nespora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Leptospira spp.,* DVB, IBR, *Brucella abortus* y *Listeria spp.* La nefritis puede asociarse a: *Leptospira spp.* y *Nespora caninum*. Las necrosis pueden relacionarse a: IBR, *Leptospira spp.* y *Neospora caninum*. La adrenalitis es causada por: *Neospora caninum*. La placentitis se asocia a: IBR, *Toxoplasma gondii*¸ *Brucella abortus*, *Campylobacter fetus spp., Chlamydophila abortus, Listeria spp., Salmonella spp., Tritrichomonas foetus* y *Neospora caninum*. Las epicarditis puede producirse por: *Neospora caninum*. La vasculitis puede producirse gracias a: IBR, DVB y *Chlamydophila abortus*

INTRODUCCIÓN

La industria lechera se considera una de las más importantes sobre todo dentro de la economía local puesto que participan gran cantidad de productores y de consumidores, gracias a esto el país ocupa el lugar 15 a nivel mundial en la producción de leche bovina (Franco Solís, 2019), teniendo como registro en el año 2021 un total de 13.03 millones de litros de leche (SIAP, 2021).

Para la industrialización de los productos se registró la existencia en el año 2018, de 130 empresas encargadas de procesar el 86% de la producción nacional y una gran cantidad de pequeñas empresas familiares, generando más de 200 mil empleos directos, permanentes y remunerados (Colima, 2018).

En el año 2021 México contaba con cerca de 2.64 millones de cabezas de ganado lechero (SIAP, 2022), destacando en producción láctea los estados de Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, Puebla, Chiapas, Aguascalientes, México e Hidalgo (SIAP, 2021)

La productividad del bovino lechero se ve estrechamente relacionada a diversos factores como la raza, alimentación, condiciones ambientales, instalaciones, número de partos, entre otros factores (Loera & Banda, 2017). Un mal manejo de estos factores impactara de manera negativa sobre la productividad y sobre la economía de los ranchos lecheros.

* *Toriz Solis Dania. Calle Río Tulancingo #5 Col. San Nicolás el Chico Tulancingo de Bravo Hidalgo CP. 43623. to340379@uaeh.edu.mx. 7741427662.

Dentro de las principales causas de pérdidas económicas se encuentran; baja producción, infertilidad (infecciones uterinas), mastitis y aborto (Hernández, 2016)
Un aborto en la industria ganadera es considerado un retraso en el desarrollo ganadero en una unidad de producción, Rocha-Valdez, ***et al***., (2020) determinaron pérdidas económicas de $25,360. M.N., por esta causa.
A nivel mundial entre el 40% y 50% de los abortos son causados por agentes infecciosos que están relacionados con el lugar, el tipo de unidad de producción, el clima, el manejo y el programa de sanidad (González Rodriguez & Córdova Izquierdo, 2023). Estos agentes pueden afectar al producto en cualquier etapa de desarrollo y formación generando muerte o malformaciones, e incluso nacimientos de crías débiles o susceptibles a la infección. (González Rodriguez & Córdova Izquierdo, 2023)
Dentro de las causas infecciosas se encuentran; protozoos (*Neospora caninum, Trichomonas foetus, Toxoplasma gondii, Anaplasma marginale)*, bacterias (*Brucella abortus, Leptospira sp., Campylobacter fetus, Arcanobacterium pyogenes)*, virus (Herpesvirus bovino tipo I, Virus Diarrea Viral Bovina), clamidias, micoplasmas (*Aspergillus fumigatus)* y hongos. (González Rodriguez & Córdova Izquierdo, 2023) (Martínez González, 2018).
Por lo que el objetivo de esta investigación es realizar un análisis retrospectivo entre los años 2009 a 2022 sobre la presencia de lesiones macroscópicas en fetos y su asociación a los posibles microorganismos causantes de los abortos en la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el municipio de Tizayuca, Hidalgo, que está localizado entre los paralelos 19° 47’ y 19° 55’ de latitud norte; los meridianos 98° 54’ y 99° 02’ de longitud oeste; con una altitud de 2 300 msnm. Con una superficie de 76.80 km^2 ocupa el 0.37% del estado y colinda al norte con el Estado de México y el municipio de Tolcayuca, al sur con el estado de México, al este con el Estado de México y el municipio de Tocayuca y al oeste con el Estado de México. Su clima es semiseco templado, con un rango de temperatura de entre 12-16°C y un rango de precipitación de 500-700 mm. (INEGI, 2010)
La recopilación de datos se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza y Diagnóstico de Enfermedades de Bovinos, UNAM localizado dentro de la Cuenca Lechera, un complejo que cuenta con 200 ha. y que inició con 126 establos de los cuales solo 70 siguen activos. Estos establos cuentan con divisiones de hasta 6 corrales en donde se separan a las novillas o vacas según el criterio del ganadero, también tienen una sala de ordeña, bodega(s) para almacenar el alimento y una oficina.
La información de este proyecto fue proporcionada por el Médico Veterinario Zootecnista responsable del Centro de Enseñanza y Diagnóstico de Enfermedades de Bovinos (CEYDEB), UNAM. La recopilación de datos inició en febrero de 2023 y finalizó en abril del mismo año realizando dos visitas por semana y está basada en registros que datan de los años 2009 a 2022.

Técnica de necropsia

La técnica de necropsia realizada inicia con una incisión en la piel por debajo de la mandíbula (degollando), a la altura de los linfonodos retrofaringeos, continuando la incisión por la línea media desde la mandíbula a el ano, posteriormente se realiza un corte de manera triangular abarcando ano y la vulva en caso de hembras, mientras que en los machos la incisión debe terminar en ambos lados del pene. Después se realiza la apertura a la cavidad torácica con un corte a través de las costillas para exponerla y continuando la incisión hacia caudal para abrir abdomen. Se observan órganos *in situ* e inicia la extracción de los mismos desde laringe, tráquea y esófago, posteriormente se extraen las vísceras de craneal a caudal y se comienzan a identificar los linfonodos mediastinicos, se separa aorta del esófago y esófago de la tráquea para después separar por bloques: aparato respiratorio, cardiovascular, digestivo y genitourinario. Se revisan los órganos y se toman muestras para llevar a procesar al laboratorio de histopatología.

Análisis estadístico

La información obtenida de todo este procedimiento fue concentrada en un Libro de Excel en el cual se registró el número de caso, la fecha en la que llegó al Centro de Enseñanza, la edad (exacta o aproximada) del feto, la descripción macroscópica externa e interna, la descripción microscópica, el

diagnóstico morfológico y el comentario en donde se describieron el o los agentes causales de los que se sospecha.

RESULTADOS

Incidencia de abortos por año

Los productores reportaron 283 abortos en un lapso de 12 años, siendo el 2019, 2016, 2015 y 2018 los años en donde se registraron los mayores porcentajes en orden de importancia respectivamente.

Tabla 1. Número de abortos por año

Año	No. de casos	%
2009	1	0.35
2010	1	0.35
2012	7	2.47
2013	14	4.95
2014	8	2.83
2015	35	12.37
2016	49	17.31
2017	21	7.42
2018	32	11.31
2019	87	30.74
2020	21	7.42

Fuente: elaboración propia con datos de campo

Presentación de abortos por etapa de gestación

La mayor cantidad de abortos se observó de acuerdo con los registros, en el tercer tercio de la gestación (42%) Tabla 2. Existe un porcentaje importante (16.96%) de casos en los que la edad del feto fue desconocida.

Tabla 2. Número de abortos en las diferentes etapas de gestación

Etapa	No. de casos	%
Primer tercio	5	1.77
Segundo tercio	110	38.87
Tercer tercio	120	42.40

Fuente: elaboración propia con datos de campo

Frecuencia de lesiones macroscópicas en los abortos

Las lesiones macroscópicas relacionadas a algún proceso patológico en particular fueron las siguientes:

Tabla 3. Lesiones macroscópicas que se pueden asociar a un proceso patológico

Tipo	Lesiones	Frecuencia
Edema	Abdomen y tórax con líquido rojo traslúcido, tejido subcutáneo distendido, líquido amarillo traslúcido en tórax y abdomen, tabiques pulmonares distendidos, pulmones congestionados y edematosos, tejido subcutáneo submandibular y cervical traslúcido, brillante y de aspecto gelatinoso, anasarca, septos interlobulares distendidos, líquido rojo claro en abdomen, saco pericárdico, tórax y abdomen con abundante líquido de aspecto sanguinolento, tejido subcutáneo rojo traslúcido y edematoso, cerebro edematoso, tórax con contenido líquido rojizo, meninges distendidas, líquido opaco rojo oscuro en abdomen y tórax, saco pericárdico con abundante líquido rojo traslúcido,	356
Broncoaspiración	Meconio y líquido amniótico en luz de tráquea y bronquios, pulmones pálidos con focos de tonalidad oscura y clara (aspecto moteado), abomaso con material viscoso amarillo, mucos de tráquea moderadamente congestionada	42
Placentitis	Cotiledones con áreas rojo oscuras entremezcladas con zonas negras (necrosis), membrana corioalantoidea de aspecto gelatinoso (edema), superficie de cotiledones cubierta de exudado purulento, placenta con zonas de necrosis, espacio intercotiledonario y membrana corio alantoidea opacos brilanes con pared engrosada, placenta con vasos sanguíneos prominentes, espacio intercotiledonario engrosado, opaco por presencia de placas café claro (aspecto de cuero marroquí), superficie de la membrana corioalantoidea con puntilleo blanco en patrón multifocal,	19
Aborto bacteriano	Fibrina en abdomen y tórax	4

Fuente: elaboración propia con datos de campo

También hubieron hallazgos que indicaron la presencia de avanzados cambios *post mortem*, como por ejemplo:

Fuente: elaboración propia con datos de campo

Tabla 4. Lesiones macroscópicas sugerentes de cambios post mortem

Tipo	Lesiones	Frecuencia
Cambios *post mortem*	Placenta color rojo oscuro en grados variables y friable al tacto, órganos color rojo oscuro en grados variables y friables al tacto, tejido subcutáneo ligeramente teñido de rojo claro, hígado, cerebro y riñones friables, hígado con áreas café moderadamente friables, tejido subcutáneo totalmente rojo (imbibición de hemoglobina)	43

Frecuencia de lesiones microscópicas en los abortos

Las lesiones microscópicas resultan ser todavía un poco más específicas en un proceso patológico, lo que nos acerca a un diagnóstico más acertado pero que todavía requiere de pruebas complementarias para ser definitivo.

En los casos de aborto de este estudio las lesiones microscópicas asociadas a un proceso patológico fueron las siguientes:

Tabla 5. Lesiones microscópicas que se pueden asociar a un proceso patológico

Tipo	Lesiones	Frecuencia
Neumonía	Aspiración ligera multifocal de material extraño, broncoaspiración por meconio, broncoaspiración supurativa, bronquitis necrótica, pleuritis fibrinosa, pleurobronconeumonía supurativa, traqueitis linfohistiocítica, hemorrágias en pulmón. **Bronconeumonías:** con arteritis (neutrofílica, supurativa), con focos de necrosis, con material extraño intraalveolar e intrabronquiolar, con bacterias intrabronquiolares, intrabronquiales e intraalveolares, con vasculitis y congestión, necrótica, supurativa, fribrinonecrótica, fibrinosupurativa, necrosupurativa, histiocítica,linfohistiocítica. **Neumonías:** broncointersticial (histiocítica, neutrofílica), fibrinonecrótica, fibrinosa, histiocítica, intersticial (linfohistiocítica, linfoplasmocitaria), linfohistiocítica, moderada por broncoaspiración, supurativa	126
Hepatitis	Con degeneración, con necrosis hepatocelular, granulomatosa, histiocítica, periportal (histiocítica, linfocítica, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, linfohistiocítica), linfocitaria, linfocítica, linfohistiocítica, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, necrótica, neutrofílica, hiperplasia de conductos biliares	120
Miocarditis	Con miodegeneración, histiocítica, linfocitaria, linfocítica, linfohistiocítica, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, necrótica, no supurativa, con cardiomiolisis, pancarditis linfoplasmocítica, Infiltrado inflamatorio linfoplasmocítico, hemorrágia septal	54
Miositis	Eosinofílica, linfocítica, linfohistiocítica, linfoplasmocitaria, con necrosis de fibras musculares, linfoplasmocítica, necrótica	54
Sistema nervioso central	Degeneración con satelitosis, degeneración neuronal, desmielinización, encefalitis (histiocítica, linfocítica, linfohistiocítica, linfoplasmocítica), encefalitis no supurativa; gliosis focales y multifocales, infiltrado perivascular linfohistiocítico, leptomeningitis linfohistiocítica, meningitis linfocitaria, meningitis linfoplasmocitaria, meningitis linfoplasmocítica, meningoencefalitis linfocítica, meningoencefalitis no supurativa, microgliosis multifocal	52
Nefritis	Histiocítica, intersticial (linfoplasmocitaria, linfocítica, linfoplasmocítica), linfohistiocítica, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, cristales intraluminales	38
Necrosis	Hepatocelular, interticial pulmonar, miocárdica, de sustancia blanca, en cerebro, neuronal, pulmonar, tubular en riñón, necrogliosis	19
Adrenalitis	linfocítica, linfohistiocítica, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, con necrosis, hemorrágia cortical	15
Placentitis	Linfoplasmocitaria, fibrinosa transmural, histiocítica, linfocitaria, linfoplasmocitaria, linfoplasmocítica, neutrofílica, necrosupurativa, plasmocítica, supurativa	11
Epicarditis	Epicarditis histiocítica, linfoplasmocítica, linfocítica, linfoplasmocitaria y linfohistiocítica	9
Vasculitis	Fibrinoide, histiocítica, con necrosis fibrinoide, linfoplasmocítica	5

Fuente: elaboración propia con datos de campo

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓNES

Como se puede ver es necesario el estudio histopatológico ya que la mayoría de los hallazgos macroscópicos no son específicos y tal como lo dice Kirkbride (2012), el identificar la causa de un aborto requiere del apoyo de otras herramientas de laboratorio como pruebas de bacteriología, microbiología y serología, todo esto para tener una visión integral del problema abortivo que se está

presentando en el establo; y para esto es necesario realizar una buena colecta de tejidos para lograr un diagnóstico eficaz.

Con respecto a las lesiones que se pueden asociar a un patógeno:

- Los hallazgos de edema generalmente están asociados a *Neospora caninum*, *Brucella abortus*, Diarrea Viral Bovina (DVB), *Leptospira spp.*
- Las presencia de meconio y líquido amniótico, pulmones de aspecto moteado y abomaso con contenido amarillo es causada por una broncoaspiración
- Los hallazgos por placentitis pueden asociarse a *Neospora caninum*, *Brucella abortus, Toxoplasma gondii, Campylobacter spp.* e IBR
- La presencia de fibrina se asocia a abortos bacterianos, principalmente de *Brucella abortus* (Kirkbride, 2012)

Hablando de lesiones microscópicas:

- La presencia de neumonía se puede relacionar con: broncoaspiraciones, *Toxoplasma gondii*, *Brucella abortus*, *Campylobacter fetus spp., Salmonella spp., Tritrichomonas foetu* y *Neospora caninum*
- Las causas de hepatitis pueden ser: *Toxoplasma gondii*¸ herpesvirus bovino tipo I (IBR), *Listeria spp., Salmonella spp.,* y *Neospora caninum*
- Miocarditis está relacionada a: Diarrea viral bovina (DVB), *Toxoplasma gondii*, *Nespora caninum*
- La miositis puede ser causada por: *Neospora caninum*
- Afecciones en el sistema nervioso central se relacionan a: *Nespora caninum*, *Toxoplasma gondii*, *Leptospira spp.,* Diarrea viral bovina (DVB), herpesvirus bovino tipo I (IBR), *Brucella abortus* y *Listeria spp.*
- La nefritis puede asociarse a: *Leptospira spp.* y *Nespora caninum*
- La necrosis pueden relacionarse a: Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR, herpesvirus bovino tipo I), *Leptospira spp.* y *Neospora caninum*
- Adrenalitis causada por: *Neospora caninum*
- Placentitis está asociada a padecimientos como: herpesvirus bovino tipo I (IBR), *Toxoplasma gondii*¸ *Brucella abortus*, *Campylobacter fetus spp., Chlamydophila abortus, Listeria spp., Salmonella spp., Tritrichomonas foetus* y *Neospora caninum*
- Las epicarditis puede producirse por: *Neospora caninum*
- La vasculitis puede producirse gracias a: herpesvirus bovino tipo I (IBR), Diarrea viral bovina (DVB) y *Chlamydophila abortus.* (Kirkbride, 2012)

REFERENCIAS

Colima, R. A. (30 de Mayo de 2018). *Crece la producción de leche en México: SAGARPA*. Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/agricultura/colima/articulos/crece-la-produccion-de-leche-en-mexico-sagarpa-158944?idiom=es

Franco Solís, I. H. (28 de Mayo de 2019). *Mercado de leche en México*. Obtenido de Ganaderia.com: https://www.ganaderia.com/destacado/Mercado-de-leche-en-Mexico

González Rodriguez, A., & Córdova Izquierdo, A. (Enero de 2023). *Algunos agentes infecciosos que causan aborto en vacas*. Obtenido de BMEditores: https://bmeditores.mx/ganaderia/algunos-agentes-infecciosos-que-causan-aborto-en-vacas/

Hernández, J. (2016). *Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros* (Primera ed.). Ciudad de México: UNAM.

INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Tizayuca, Hidalgo.* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13069.pdf

Kirkbride, C. (2012). *Diagnosis of Abortion and Neonatal Loss in Animals* (Cuarta ed.). (B. Njaa, Ed.) Ames, Iowa, USA: Offices.

Loera, J., & Banda, J. (2017). Industria lechera en méxico: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de Investigaciones Altoandinas, IX*(4), 423. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v19n4/a08v19n4.pdf

Martínez González, I. (Junio de 2018). Problemas reproductivos causados por abortos en vaquillas Holstein Friesian. Torreón, Coahuila, México.

Meléndez Soto, R. M., Valdivia Flores, A. G., Rangel Muñóz, E. J., Díaz Aparicio, E., Segura-Correa, J. C., & Guerrero Barrera, A. L. (2010). Factores de riesgo asociados a la presencia de aborto y desempeño reproductivo en ganado lechero de Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias, I*(4). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n4/v1n4a7.pdf

Ojeda Carrasco, J. J. (2013). *ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR ABORTOS EN LA LECHERÍA EN PEQUEÑA ESCALA EN EL SUR ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.* Toluca, Estado de México, México. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63965/DCARN%20JUAN%20JOS%C3%89%20OJEDA%20CARRASCO-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pomeón, T., Boucher, F., Cervantes Escoto, F., & Fournier, S. (2006). Las dinámicas colectivas en dos cuencas lecheras mexicanas: Tlaxco, Tlaxcala y Tizayuca, Hidalgo. *Agroalimentaria, XI*(22), 7-8. Obtenido de http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Tizayuca-Cuenca-Lechera.pdf

Rocha-Valdez, L., González-Avalos, R., Ávila-Cisneros, R., Peña-Revuelta, B., & Rocha-Quiñones, J. (2020). El efecto económico causado por aborto en vacas Holstein de primer parto. *Abanico Agroforestal*, 5-6. doi:http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.9

SIAP, S. d. (2021). *PRODUCCIÓN ANUAL GANADERA*. Obtenido de Gobierno de México: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

SIAP, S. d. (2021). *PRODUCCIÓN MENSUAL GANADERA*. Obtenido de Gobierno de México: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp

SIAP, S. d. (20 de Julio de 2022). *Bovino para leche. Población ganadera (2012-2021).* Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744950/Inventario_2021_bovino_para_leche.pdf

Underwood, W., Blauwiekel, R., Delano, M., Gillesby, R., Mischler, S., & Schoell, A. (2015). Biology and Diseases of Ruminants (Sheep, Goats, and Cattle). En F. James, A. Lynn, O. Glen, K. P-C, & M. W, *Laboratory Animal Medicine.* ELSEVIER.

PREVALENCIA DE MICOPLASMOSIS EN UN HATO CAPRINO EN QUERÉTARO.

Santiago A.C.A, Domínguez H.Y.M., Ortega A.S.E., Chávéz G.E.F., Carrisoza U.I., De la Rosa R.M.A.*

Resumen

Las infecciones respiratorias ocasionados por *Mycoplasma* sp en caprinos retoman importancia principalmente por la rápida diseminación de la enfermedad, considerando las exigencias de este microorganismo y los largos tiempos de incubación, se considera a la PCR como una prueba rápida y eficiente. El estudio tuvo como objetivo determinar la prevalencia de micoplasmosis en caprinos de un rebaño en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro mediante PCR. Las muestras empleadas fueron hisopados nasales, líquido sinovial, leche y sangre que se obtuvieron de 101 cabras a las cuales se les hizo PCR punto final. La prevalencia en el hato fue de 13.86%, la distribución de las muestras positivas fue la siguiente 1 de 19 (7.1%) a partir de líquido sinovial y 13 de 101 (92.9%) a partir de hisopado nasal, asimismo, todas las muestras positivas fueron determinadas en hembras. Es necesario realizar estudios epidemiológicos para conocer la situación de la enfermedad en nuestro país y avanzar en la implementación un mejor diagnóstico y control.

Introducción

Actualmente, nuestro país cuenta con una población caprina que supera los ocho millones de cabezas, concentrandose principalmente en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Coahuila, Puebla y Oaxaca; esta especie es importante como productora de alimento y por la actividad económica, principalmente en zonas áridas y semiáridas, aprovechando su capacidad de adaptarse y producir, aún en estas condiciones. El municipio de Tequisquiapan ocupa un lugar importante en producción de leche de cabra y sus derivados, ubicándose como líder en el ramo a nivel regional llegando a producir anualmente alrededor de 37 mil litros (SIAP 2021; Palomares *et al*., 2022; Nieves, 2023).

En México los problemas respiratorios, principalmente neumónicos, se mantienen como los más frecuentes relacionados con la sanidad caprina, aunque, en pocas ocasiones se realiza diagnóstico y programas de prevención y control (Cuellar *et al*., 2012).

Mycoplasma spp. forma parte de las bacterias que provocan el complejo respiratorio infeccioso carpino (CRIC), además, por si mismo puede provocar una serie de enfermedades en cabras como la pleuroneumonía caprina contagiosa (PPCC), la enfermedad respiratoria crónica, artritis, agalatia contagiosa y mastitis, entre otras (Rufin, 2001; Palomares *et al*., 2022).

Para el desarrollo de CRIC se involucran varios factores que van desde el medio ambiente, hasta la condición del animal y la presencia microorganismos patógenos, siendo mas susceptibles los cabritos. Cuando se presentan cuadros de neumonía se observa fiebre de 40- 41 ºC, y signos respiratorios como tos, dificultad para respirar, falta de apetito, descarga mucopurulenta nasal y ocular, hasta postración y muerte (Rahal *et al*., 2014).

La PPCC también es considerada una afección respiratoria grave, aguda y altamente contagiosa. Las principales especies y que se han reportado como más virulentas causantes de enfermedades en cabras son *Mycoplasma capricolum* subesp. *capripneumoniae*, *M. mycoides* subesp. *mycoides*, y *M. mycoides* subesp. *capri* (Halium *et al*., 2009)

En nuestro país los casos de micoplasmosis han sido relevantes aunque no existen suficientes reportes sobre el estado epidemiológico nacional, siendo los primeros sobre micoplasmosis caprina de Aluja AS (1964) donde a partir de dos cabras provenientes del estado de Puebla, describe las lesiones de PPCC por *M. mycoides* confirmado por su aislamiento. Seguido de Solana y cols (1966), donde se realizó un estudio epizootiológico en rebaños de 16 estados de la República Mexicana, utilizando la prueba de aglutinación directa en placa con antígeno completo de *M. mycoides* subsp. *capri*, con prevalencias desde 12 % y hasta el 79%, por mencionar algunos.

El diagnóstico de la micoplasmosis comprende de pruebas serológicas, bacteriológicas y moleculares, dentro de éstas las últimas la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es una de las más utilizadas ultimamente debido a su rapidez, sensibilidad y especificidad (Awan *et al*., 2012).

* *De la Rosa Ramos Miguel Angel. Chopo 107 Atenco Estado de México C.P.56300. migelangl@hotmail.com, 5527302036.

Sin embargo, los estudios epidemiológicos de casos de micoplasmosis siguen siendo escasos siendo importantes para establecer estrategias de control, por lo que en este trabajo se determinó la prevalencia de micoplasmosis caprina por métodos moleculares en cabras de un rebaño en Tequisquiapan.

Material y Métodos

Toma de muestra. Se tomaron muestras a partir de un rebaño de aproximadamente 250 cabras del municipio de Tequisquiapan Querétaro con antecedente previo de enfermedad respiratoria. Se obtuvieron muestras de líquido sinovial de cabras con antecedente de artritis, además se tomaron aleatoriamente hisopados nasales de cabras adultas y reemplazos menores a un año de edad, y muestras de sangre y leche a cabras convalencientes de enfermedad respiratoria marcada al momento de hacer el muestreo, las muestras fueron transportadas en solución salina fisiológica estéril y transportadas al laboratorio en cadena de frío.

Extraccón de DNA y PCR punto final. Las muestras fueron sometidas a extracción de DNA mediante el kit comercial InstaGene Matrix (Bio-Rad) según las instrucciones del fabricante, posteriormente se cuantificó el DNA por medio de espectrofotometría con un equipo NanoDrop, y se guardó en congelación a -20 ºC hasta su uso.

Para la PCR punto final para *Mycoplasma* sp. se emplearon los iniciadores GPO3F (TGG GGA GCA AAC AGG ATT AGA TAC C) y MGSO (TGC ACC ATC TGT CAC TCT GTT AAC CTC) empleando el protocolo reportado por Çetinkaya y cols (2009), se uso como control positivo DNA de *M. hominis*, el producto de 278 pb se detectó mediante electroforesis en gel de agarosa al 2%, fotografiado bajo el sistema de documentación de gel UV.

Resultados

Se analizaron un total de 136 muestras provenientes de 101 cabras distribuidas de la siguiente manera, 19 fueron de líquido sinovial, 101 de hisopado nasal, 13 de sangre y 3 de leche.

Por medio de la PCR punto final para *Mycoplasma* sp se obtuvieron 14 muestras positiva, algunas se ejemplifican en la figura 1.

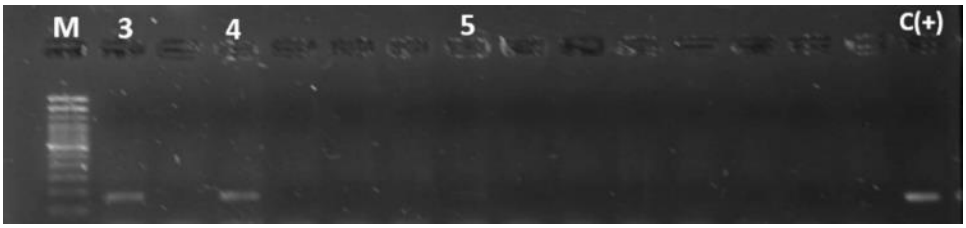


Figura 1. Gel de electroforesis del producto de PCR de *Mycoplasma* sp. con los iniciadores MIF y M3R. (M) Marcador de talla molecular 100kb. (3,4,5) ejemplos de muestras positivas. (C(+)) Control positivo.

Se obtuvo una prevalencia de micoplasmosis caprina de 13.86%, tomando en cuenta las 101 cabras revisadas. La distribución de las 14 muestras positivas fue la siguiente, 1 de 19 (7.1%) a partir de líquido sinovial y 13 de 101 (92.9%) a partir de hisopado nasal, en el caso de de las muestras provenientes de sangre y de leche resultaron negativas (Figura 2).

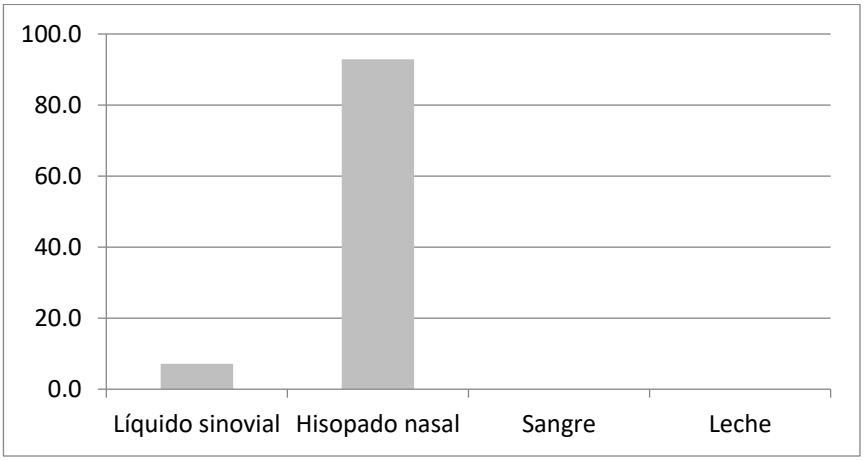


Figura 2. Distribución de muestras positivas a *Mycoplasma* sp por medio de PCR punto final.

Discusión y Conclusiones

Las enfermedades respiratorias han sido reconocidas por los caprinocultores mexicanos como un problema frecuente en sus rebaños por lo que que importante hacer un diagnóstico adecuado para establecer programas de control y prevención (Cuellar *et al*., 2012).

El diagnóstico de la micoplasmosis se basa principalmente en la signología y las lesiones en la necropsia, pero se requiere de alguna prueba de laboratorio que confirme el diagnóstico, dentro de las que destacan la serología y las pruebas bacteriológicas.

En el caso de problemas respiratorios se sugieren muestras como pulmón, líquido pleural y secreciones nasales que deben de tomarse de manera aséptica y llevarse al laboratorio, en este caso se emplearon principalmente hisopos nasales como muestras obteniendo resultados confiables aún cuando las cabras no presentaban signología respiratoria en el momento de tomar la muestra.

En el caso de la muestra proveniente de líquido sinovial sugiere que la cabra cursaba por artritis por *Mycoplasma* sp, aunque en la mayoria de los casos no suele tomarse este tipo de muestra por la dificultad que representa (Chakraborty *et al*., 2014; Johnson *et al*., 2019).

El crecimiento de *Mycoplasma* sp suele ser muy lento por lo que el obtener la identificación por medio de cultivos suele ser un proceso largo; la PCR es una técnica molecular sensible, específica y rápida para emitir un diagnóstico, aunque suele recomendarse en casos de observar enfermedad o sospechar de ella de manera asintomática ya que ésta identifica al agente causal y no el contacto previo como en el caso de la serología, en este caso se logró la identificación de cabras que permanecian como animales portadores que podrían representar un riesgo hacia los otros animales así como para ellas mismas ya que, por ejemplo, en el caso de CRIC las condiciones medioambientales predisponen a los caprinos a padecer problemas respiratorios, de entre los que destacan por la zona en la que se trabajó los cambios bruscos en el clima, acumulación de polvo y deficiente protección contra las corrientes de aire (Awan *et al*., 2012; Chakraborty *et al*., 2014; Rahal *et al*., 2014; Halium *et al*., 2019;).

El tratamiento de la micoplasmosis con antibióticos ayuda en el control de la enfermedad, aunque, algunos podrían quedar como portadores, como en este caso, lo que dificulta en gran manera la erradicación de la misma (Nicholas, 2002).

El siguiente paso importante a realizar es un estudio de identificación sobre las especies que se mantienen actualmente para conocer el tratamiento ideal y en la medida de lo posible lograr una inmunización adecuada.

Literatura citada

- Aluja, A.S. (1964). Un brote de pleuroneumonía en cabras causado por *Micoplasma mycoides*. Med. Vet. y Zoot. III:77-87.
- Awan, M.A., Ferhat, A., Masoom, Y.Z., Mohammad, M.T., Masroor, A.B., Mohammad, A.A., Zafar, A., Nadeem, R., Majed, R., Mohammad, S. (2012). Prevalence of *Mycoplasma* species by polymerase chain reaction (PCR) directly from the nasal swab samples of goats. Pak. J. Life Soc. Sci., 10(1): 5-12.

- Çetinkaya, B., Kalin, R., Karahan, M., Atil, E., Manso-Silván, L., Thiaucourt, F. (2009) Detection of contagious caprine pleuropneumonia in East Turkey. Rev. Sci. Tech., 28(3): 1037-1044. 21.
- Chakraborty, S., Kumar, A., Tiwari, R., Rahal, A., Malik, Y., Dhama, K., Pal, A., Prasad, M. (2014). Advances in diagnosis of respiratory diseases of small ruminants. Vet Med. Int., 2014, 508304. https://doi.org/10.1155/2014/508304
- Cuellar, O.J.A., Tortora, P.J., Trejo, G.A., Román, R.P. (2012). La producción caprina mexicana, particularidades y complejidades. 1era ed. UNAM, México: Aridana.
- Halium, M.M.A., Salib, F.A., Marouf, S.A., Massieh, E.S.A. (2019). Isolation and molecular characterization of Mycoplasma spp. in sheep and goats in Egypt. Vet. World, 12(5), 664–670. https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.664-670
- Johnson, G.C., Fales, W.H., Shoemake,B.M., Adkins, P.R., Middleton, J.R., Williams,F., 3rd, Zinn, M., Mitchell, W.J., Calcutt, M.J. (2019). An outbreak of *Mycoplasma mycoides* subspecies *capri* arthritis in young goats: a case study. Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc, 31(3), 453–457. https://doi.org/10.1177/1040638719835243
- Nicholas, R.A.J. (2002). Improvements in diagnosis and control of diseases of small rumiants caused by mycoplasmas. Small Rumiant Res.; 45:145-149.
- Nieves, R. (2023). Tequisquiapan, líder productor de la leche de cabras en El sol de San Juan del Rio. Marzo 2023. En https://www.elsoldesanjuandelrio.com.mx/local/tequisquiapan-lider-productor-de-la-leche-de-cabras-9704940.html.
- Palomares, R.G., Aguilar, R.F., Flores, P.C., Gómez, N.L., Gutiérrez, H.J., Herrera, L.E., Limón, G.M., Morales, A.F., Pastor, L.F., Díaz A.E. (2021). Enfermedades infecciosas de relevancia en la producción caprina, historia, retos y perspectivas. Rev. Mex. Cien. Pec., 12(Supl. 3), 205-223. Epub 24 de enero de 2022.https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5801
- Rahal, A., Ahmad, A.H., Prakash, A., Mandil, R., Kumar, A.T. Environmental attributes to respiratory diseases of small ruminants. Vet Med Int 2014;10.
- Ruffin, D.C. (2001). Mycoplasma infections in small ruminants. The Veterinary clinics of North America. Food animal Prac., 17(2), 315–vii. https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30031-1
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. Inventario 2021 caprino. www.gob.mx.SIAP.
- Solana, M.P., Udave, L.M. (1966). Estudios epizootiológicos de la peluroneumonía contagiosa de las cabras. Téc. Pec. 16-24.

EFECTO DE LA IMPLEMENTACION DE UN PROTOCOLO SANITARIO DURANTE LA ORDEÑA SOBRE LA SALUD DE LA GLANDULA MAMARIA Y LA CALIDAD DE LA LECHE BOVINA

Vieyra-Alberto, R[1]., Ángeles-Hernández, J.C.[1], Padilla-Valdez, C.I[1]., León-Tiol, L.G[1]., Salinas-Martínez, J.A[1]., Del Razo-Rodríguez, O.E[1]., Muñoz-Benítez, A.L. [1 *]

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600.

RESUMEN

Las buenas prácticas durante el proceso de ordeño son esenciales para mantener la salud de la glándula mamaria en ganado bovino. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto que tiene la implementación de un protocolo sanitario durante el proceso de ordeña de Vacas Holstein sobre la salud de la glándula mamaria y la composición química de la leche. Se utilizaron 28 vacas con una producción promedio de 14 litros y un peso vivo de 540 kg. Se realizaron 2 muestreos previos a la implementación del protocolo sanitario y 2 muestreos posteriores a la ejecución del mismo evaluando la incidencia de mastitis y la composición de la leche. La incidencia de mastitis disminuyó posterior a la implementación del protocolo sanitario con respecto a los muestreos iniciales. El contenido de grasa se redujo en el muestreo final en comparación con el resto de los periodos de muestreo (P = 0.001). La proteína incrementó sus concentraciones en comparación con el primer muestreo (3.02 vs. 3.22, 3.27 y 3.23 g/ 100 g; P = 0.001). La misma tendencia fue observada para el contenido de lactosa con concentraciones significativamente superiores (P = 0.001) en los muestreos segundo, tercero y cuarto en comparación con el previo al protocolo sanitario. La implementación de un protocolo sanitario dentro del proceso de ordeño tiene un efecto positivo directo sobre la incidencia de mastitis y sobre la composición química de la leche.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas pecuarios a nivel mundial no solo enfrentan una creciente demanda de alimentos de origen animal, sino además se enfrentan a una incipiente preocupación por parte de los consumidores por acceder a productos sanos, seguros y de alta calidad (Baldi y Gottardo, 2017). La calidad de la leche puede ser afectada por diversos factores como el manejo nutricional, el tipo de sistema de producción, los procedimientos de almacenaje e industrialización, el mejoramiento genético y el estado sanitario del hato (Laben et al., 1982). La mastitis es uno de los principales problemas sanitarios que enfrentan los sistemas de producción de leche de bovino, afectando tanto la productividad del sistema como la inocuidad y la calidad de los productos lácteos (Haenlein, 2002). Diferentes estudios señalan efectos negativos de la mastitis clínica y subclínica sobre la producción y composición química de la leche, alterando de manera importante su capacidad de ser transformados en productos de alto valor nutricional y económico (Ruegg y Reinemann, 2002). Los factores ambientales como la higiene de las instalaciones y la humedad determinan el tipo y número de bacterias a las cuales las vacas son expuestas. Otro factor preponderante para la manifestación de la mastitis son las prácticas inadecuadas durante el proceso de ordeño, como lo es la poca o nula limpieza tanto de los pezones como de las pezoneras, un lavado deficiente y la falta de sellado al término del mismo (Ortuño Barba, 2015).

Sin embargo, practicas sencillas como un adecuado protocolo sanitario al momento del ordeño pueden reducir la exposición y mejorar la resistencia de la glándula mamaria hacia procesos patógenos. Además, el monitoreo de la eficiencia de la implementación de los protocolos sanitarios es fundamental para mantener patologías como la mastitis en niveles aceptables. Para facilitar el diagnóstico de mastitis a nivel de hato se han desarrollado diversos métodos indirectos como el conteo de células somáticas (CCS), pruebas basadas en la conductividad eléctrica y la prueba de California (CTM) (Suarez et al., 2014). La CTM ha demostrado tener buena sensibilidad y

[*] *Muñoz-Benítez, A.L. Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600. alfonso_munoz@uaeh.edu.mx, 7352510031.

especificidad para detectar mastitis subclínicas en vacas lecheras (Schalm et al., 1971). Ruegg y Reinemann (2002) señalan que la CTM es la prueba más exacta y práctica a nivel de hato para la detección de mastitis. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la implementación de un protocolo sanitario durante el proceso de ordeño sobre la salud de la glándula mamaria y la composición química de la leche de vacas Holstein.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en un rancho establecido en la localidad de Totoapita, en el municipio de Acatlán, Estado de Hidalgo, México (20.18° Norte). Esta localidad se encuentra a una altura de 2,120 msnm y se caracteriza por presentar un clima subhúmedo, una humedad media anual de 18.03% y una temperatura media anual de 14°C. La precipitación media anual es de 600 de mm.

Protocolo sanitario en el ordeño

El protocolo sanitario que de propuso para que se adoptara como una práctica habitual en el rancho en el que se realizó el estudio se describe a continuación:
1) Lavado de la ubre con agua limpia
2) Secado de los cuartos con una toalla de papel por vaca
3) Despunte (desecho del primer chorro de leche; se realiza de manera manual)
4) Colocación de las pezoneras para la extracción de la leche
5) Colocación de sellador comercial

Evaluación de la salud de la glándula mamaria

En el presente estudio se evaluó la salud de la glándula mamaria de vacas en lactación mediante la inspección clínica individual de cada cuarto y los gradientes determinados por la prueba de mastitis de California (CMT). El CMT se llevó a cabo según método propuesto por Schalm et al. (1971) luego de extraer los primeros chorros de leche. Según el grado de aglutinación e inspección clínica existen seis posibles eventos mutuamente excluyentes:

Negativo: el estado de solución permanece inalterado. La mezcla sigue en estado liquido
Trazas: Se forma un precipitado en el piso de la paleta que desaparece pronto
Grado 1 de la prueba de California (C-1): hay mayor precipitado, pero no se forma gel
Grado 2 de la prueba de California (C-2): el precipitado se torna denso y se concentra en el centro
Grado 3 de la prueba de California (C-3): se forma un gel denso que se adhiere a la paleta.
Mastitis clínica: cuarto con manifestación clínica de mastitis (dolor, rubor, aumento de temperatura o tumor) además de la presencia de grupos….

Un total de 28 vacas Holstein con una producción promedio de 14 litros y un peso vivo de 540 kg fueron muestreadas en el presente estudio. La toma de muestra y CMT se llevó a cabo cada siete días muestreando de manera individual cada cuarto.

Análisis de la composición química de la leche

Para el análisis de la composición química de la leche cinco muestras fueron colectadas de la tina de almacenamiento, en la que se junta la producción del total de 2 ordeñas. Antes de la toma de muestra, se homogenizó la leche y se obtuvieron 5 muestras de 50 ml cada una. Un total de cuatro muestreos fueron llevados a cabo a lo largo del presente estudio con intervalos de 7 días; de los cuales el primer muestreo se realizó previo a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño y tres muestreos posteriores al proceso de intervención sanitaria. Dichas muestras se analizaron en

los primeros minutos postcolecta con un equipo analizador de leche ultrasónico ®. Dicho equipo proporcionó datos sobre la composición de la leche en los que se encuentran: sólidos totales, proteína, grasa, conductividad entre otras.

Análisis estadístico

Los datos colectados de la prueba de California fueron capturados en una hoja de cálculo para su posterior análisis. La base de datos final se organizó en forma de una tabla de contingencia en la cual las fila fueron los grados observados de salud de la glándula mamaria (negativo, trazas, 1, 2, 3 y mastitis clínica) y las filas los de periodos muestreo y evaluación (4 muestreos). Un análisis de correspondencias (AC) fue implementado con el objetivo de establecer si el grado de salud de la glándula mamaria es dependiente del número de muestreo (periodo intervención). El AC se llevaron a cabo utilizando el paquete *FactoMineR* versión 2.3 (Le et al., 2008) en R; el grafico de elipse y *biplot* fueron implementados en el paquete *FactoExtra* (Kassambara and Mundt, 2017) en R (R core team, 2016). Un modelo general lineal fue utilizado para evaluar el efecto del número de muestreo sobre la composición química de la leche utilizando la función *lm*. El cálculo de las medias mínimo-cuadráticas y el análisis post-hoc se realizó utilizando el paquete *emmens*.

RESULTADOS

Para identificar la asociación entre la salud de la glándula mamaria y la implementación del protocolo sanitario en la ordeña se llevó a cabo un análisis de correspondencia (CA). CA es un análisis exploratorio que reduce la complejidad de la base de datos inicial mientras retiene la mayor parte de la información y proporciona las relaciones de forma gráfica, favoreciendo su interpretación. La Tabla 1 muestra los resultados del análisis Ji-cuadrada, que revela una fuerte dependencia (P = 0.003) entre la salud de la glándula mamaria y los muestreos llevados a cabo antes y después de la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.

Tabla 1. Resultados de la prueba del X2 del análisis de correspondencia entre los criterios de salud de la glándula mamaria y la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.

Item	**Muestreos***
X2 (valor observado)	33.80
X2 (valor critico)	24.99
Grados de libertad	15
Valor de P	0.003
alfa	0.05

*Los dos primeros muestreos fueron previos a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.

Los resultados del CA se muestran en la tabla 2. Los hallazgos del análisis multivariado revelan que el 100% de la varianza es explicada por las tres primeras dimensiones del CA. Las dos primeras dimensiones acumulan un 97.44 % de la varianza, lo cual significa que casi la totalidad de la variabilidad es explicada por la información contenida en estos ejes.

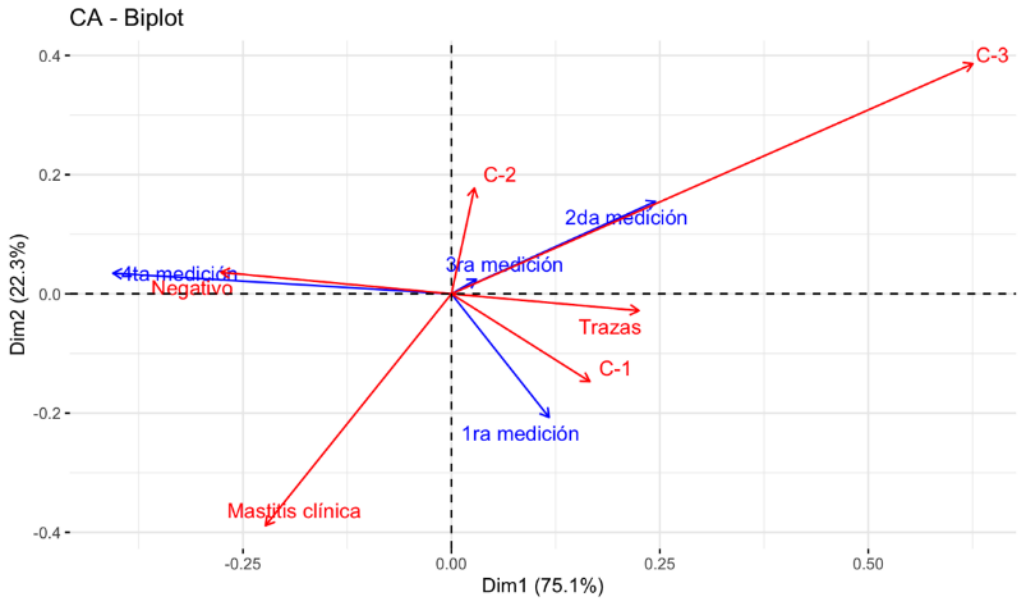
Tabla 2. Varianza de las dimensiones del análisis de correspondencia entre los criterios de salud de la glándula mamaria y la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.

	Dimensión 1	Dimensión 2	Dimensión 3
Varianza	0.059	0.018	0.02
% de la varianza	75.11	22.34	2.55
Varianza acumulada (%)	75.11	97.44	100.0

La figura 1 muestra gráficamente los resultados del CA. El grafico denominado "*biplot*" representa a través de distancias euclídeas el grado de relación entre las filas y columnas de una tabla de

contingencia. De acuerdo con los resultados del CA se puede observar que el primer muestreo estuvo relacionado con la presencia de trazas y el nivel C-1 de la prueba de California. Basados en la angulación presentada en el *biplot* se puede observar una asociación importante entre la segunda medición y los niveles C-2 y C-3 de la prueba de California, con una mayor intensidad de la asociación con el nivel C-3. La tercera medición se ubica cercana al centroide, por lo cual no revela una asociación en particular con algunos de los parámetros utilizados para evaluar la salud de la glándula mamaria. Finalmente, la cuarta medición estuvo fuertemente asociada con la presencia de valores negativos a mastitis. Además, de asociarse negativamente con los indicadores trazas, C-1, C-2 y C-3 de la prueba de California. Es impórtate señalar que las mediciones uno y dos se llevaron a cabo previos a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño y las mediciones tres y cuatro posteriores al mismo. Por lo cual, se puede observar un efecto positivo de la implementación de las estrategias sanitarias sobre los indicadores de salud de la glándula mamaria, puntualmente en relación con la presencia de mastitis.

Figura 1. *Biplot* de la asociación entre los criterios de salud de la glándula mamaria y los muestres previos y posteriores a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.



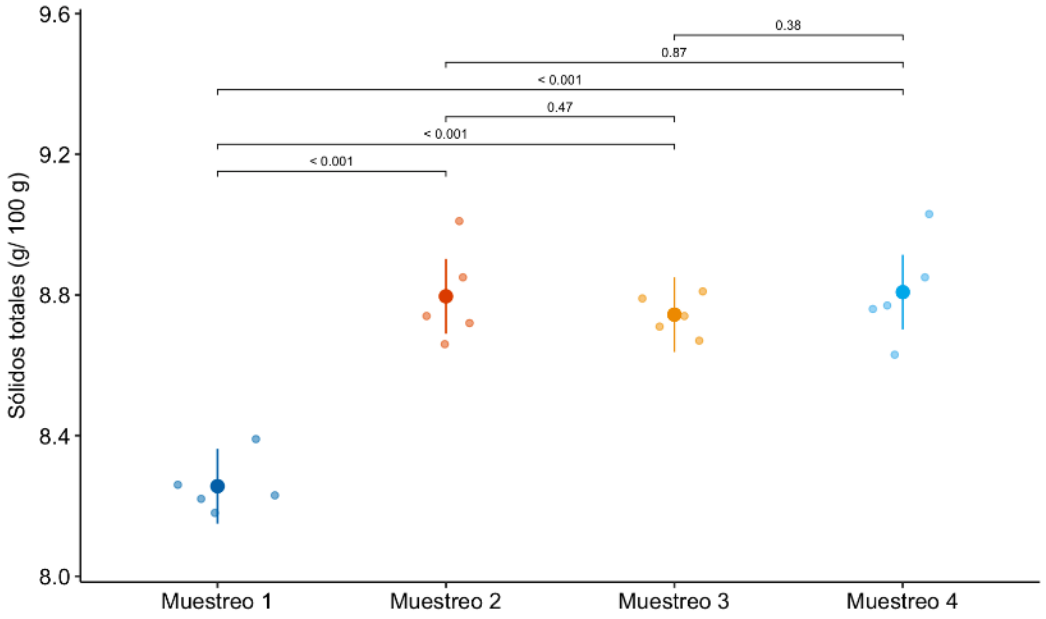
La composición química de la leche de vacas Holstein previa y posterior a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño se muestran en el cuadro 3. La leche derivada del cuarto muestreo indico una reducción significativa del contenido de grasa (P = 0.001) en comparación con el resto de los periodos de muestreo. Con respecto al contenido de proteína, los muestreos posteriores a la implementación del protocolo sanitario obtuvieron concentraciones superiores en comparación con el primer muestreo (3.02 vs. 3.22, 3.27 y 3.23 g/ 100 g; P = 0.001). La misma tendencia fue observada para el contenido de lactosa con concentraciones significativamente superiores (P = 0.001) en los muestreos segundo, tercero y cuarto en comparación con el previo al protocolo sanitario. El efecto positivo del protocolo sanitario sobre la mayoría de los componentes de la leche se vio reflejado en el contenido de solidos totales; lo cual, se expresa gráficamente en la figura 3, la cual muestra las medias mínimo-cuadráticas, intervalos de confianza al 95 % y valores de la prueba de significancia para la variable contenido de solidos totales. Finalmente, se observó que la conductividad eléctrica de la leche muestreada posterior al protocolo sanitario fue superior al primer muestro, con los valores más altos en la segunda medición (5.54).

Cuadro 3. Composición química de la leche de vacas Holstein previa y posterior a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño.

	Medición previa*	Mediciones posteriores*			E.E.	Valor de P
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta		
Grasa (g/100 g)	2.92[a]	2.94[a]	2.99[a]	2.47[b]	0.04	0.001
Proteína (g/100 g)	3.02[c]	3.22[a]	3.17[b]	3.23[a]	0.03	0.001
Lactosa (g/100 g)	4.54[b]	4.83[a]	4.84[a]	4.85[a]	0.04	0.001
Solidos totales (g/100 g)	8.26[b]	8.80[a]	8.74[a]	8.81[a]	0.07	0.001
Conductividad (unidad)	4.57[d]	5.54[a]	4.87[c]	5.14[b]	0.03	0.001

*Mediciones previas y posteriores a la implementación del protocolo sanitario en el ordeño
E.E. error estándar.

Figura 1. Efecto de la implementación de un protocolo sanitario en el ordeño sobre el contenido de solidos totales en vacas Holstein.



Los círculos pequeños y grandes indican las observaciones individuales y medias mínimo cuadráticas en cada muestreó, respectivamente; las líneas solidas verticales representan el valor de los intervalos de confianza al 95 % para cada muestreo. Las líneas horizontales muestran el valor de la prueba de significancia de las comparaciones entre muestreos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La implementación de un protocolo sanitario durante el proceso de ordeña tuvo un efecto positivo sobre la salud de la glándula mamaria basados en los gradientes de la CTM. Nuestros resultados

revelan una asociación positiva entre la ejecución de las mejoras sanitarias en el protocolo de ordeño y la disminución en la incidencia de casos de mastitis clínica y subclínica. Lo anterior concuerda con estudios previos en los cuales se demuestra que un factor preponderante para mantener la salud de la glándula mamaria es la implementación de buenas prácticas previas, durante y posterior a la ordeña (Schukkenet al., 1990; Barkema et al., 1998; Fuzatti et al., 2021). En este sentido, Schroeder (1997) refiere que el sellado de pezones es un manejo efectivo contra todos los organismos que causan mastitis. De manera puntual, este manejo reduce la mastitis provocada por *S. aureus* y *S. agalactiae*, los cuales son los organismos causales más comunes de esta patología. Además, la implementación de estas medidas de higiene influye directamente sobre los niveles de células somáticas, disminuyéndolas a niveles aceptables en los cuartos de vacas diagnosticadas con mastitis (Emre et al., 2011).

La mastitis reduce la producción de leche y altera su composición química (Akers and Nickerson, 2011). La magnitud de estos cambios está asociada principalmente con la duración de la infección y microrganismos involucrados (Schroeder, 1997). Inicialmente, estos microorganismos producen toxinas que afectan directamente al tejido epitelial secretor, además de que su presencia da lugar a un proceso inflamatorio como un esfuerzo inicial para eliminarlos (Harjanti and Sambodho, 2020). El proceso inflamatorio contribuye a la disminución de la producción láctea y es el principal responsable de los cambios en la composición química (Le Marechal et al., 2011). Los resultados obtenidos en el presente estudio revelaron un efecto positivo de la implementación del protocolo sanitario sobre la mayoría de los componentes de la leche. El contenido de grasa disminuyo en el último muestreo, posiblemente asociado con un efecto de dilución al incrementarse la producción láctea; lo cual, es soportado por el incremento significativo en la concentración de lactosa en los muestreos posteriores a la implementación del protocolo sanitario. Este incremento en el contenido de lactosa se explica principalmente por el hecho de que durante la mastitis existe una reducción en la capacidad de síntesis y secreción de la glándula mamaria (Auldist and Hubble 1998; Raynal-Ljutovac et al. 2007).

El contenido de proteína se vio favorecido por el protocolo sanitario al momento del ordeño. Este aumento en la cantidad de proteína esta asociado con la menor incidencia de mastitis debido a que organismos causantes de mastitis manifiestan efectos proteolíticos, principalmente contra caseínas. Por ejemplo, *S. aureus* produce proteasas SpIB y SpIC capaces de degradar caseínas (Reed et al. 2001). El incremento en la cantidad de solidos totales posterior al protocolo sanitario puede explicarse en parte a la menor incidencia de mastitis clínica y subclínica, ya que la mastitis genera un aumento en la permeabilidad del endotelio mamario, lo cual incrementa el flujo y actividad de enzimas endógenas y exógenas que destruyen algunos componentes de la leche (Le Marechal et al., 2011).

Con base en los resultados obtenidos, podemos concluir que la implementación de un protocolo sanitario durante el proceso de ordeño disminuye la incidencia de mastitis y afecta de manera positiva la composición de la leche, aspectos fundamentales para la obtención de productos y subproductos lácteos de calidad para el consumo humano.

REFERENCIAS

- Akers RM and Nickerson SC 2011 J. Mammary Gland Biol. Neoplasia 16(4):275-289.

- Auldist MJ, Hubble IB (1998) Effects of mastitis on raw milk and dairy products. Aust J Dairy Technol 53:28–36.
- Baldi, A., and Gottardo, D. (2017). Livestock production to feed the planet: Animal protein: A forecast of global demand over the next years. Rel.: Beyond Anthropocentrism, 5, 65.
- Barkema HW, Schukken YH, Lam TJGM, Beiboer ML, WilminkH, Benedictus G, Brand A: Incidence of clinical mastitis in dairyherds grouped in three categories by bulk milk somatic cell counts.J Dairy Sci, 81, 411-419, 1998.
- Emre, B., Cengiz, M., and Alaçam, E. (2011). Evaluation of effects of milking hygiene and management factor on clinical mastitis incidence in dairy cows. Kafkas Univ Vet Fak Derg, 17(1), 31-35.
- Fuzatti, J. V. S., Camargo, R. C., Pinto, M. D. S., Souza, K. L. D. S., and Frias, D. F. R. (2021). Prevalence of mastitis and characterization of milking management of dairy cows in northwestern Sao Paulo state. Boletim de Indústria Animal, 78, 1-13.

- Haenlein, G.G.W., 2002. Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity. Small Ruminant Research 45, 163–178.

- Harjanti, D. W., and Sambodho, P. (2020, September). Effects of mastitis on milk production and composition in dairy cows. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 518, No. 1, p. 012032).

- Laben, R. L., Shanks, R., Berger, P. J., & Freeman, A. E. (1982). Factors affecting milk yield and reproductive performance. Journal of Dairy Science, 65(6), 1004-1015.

- Le Maréchal, Thiéry, Vautor, Le Loir. Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products–a review. Dairy Science & Technology, 2011, 91 (3), pp.247-282.

- Raynal-Ljutovac K, Pirisi A, De Cremoux R, Gonzalo C (2007) Somatic cells of goat and sheep milk: analytical, sanitary, productive and technological aspects. Small Rumin Res 68:126–144.

- Reed SB, Wesson CA, Liou LE, Trumble WR, Schlievert PM, Bohach GA, Bayles KW (2001) Molecular characterization of a novel Staphylococcus aureus serine protease operon. Infect Immun 69:1521–1527.
- Ruegg, P. L., and Reinemann, D. J. (2002). Milk quality and mastitis tests. The Bovine Practitioner, 41-54.

- Schalm, O.W.; Carrol, E.J.; Jam, N.C. 1971. Bovine Mastitis. Physical and Chemical Tests for Detection of Mastitis. Lea y Febiger, Philadelphia, pp. 128-157.

- Schukken YH, Grommers FJ, Van de Geer D, Erb HN, BrandA: Risk factors for clinical mastitis in herds with a low bulk milksomatic cell count. 1. Data and risk factors for all cases. J Dairy Sci,73, 3463-3471, 1990.

- Suarez, V. H., Martinez, G. M., Gianre, V., Calvinho, L., Rachoski, A., Chávez, M., ... & Bertoni, E. (2014). Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California, conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínicas en cabras lecheras. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 40(2), 145-153.

PREVALENCIA DE SEROVARIEDADES DE LEPTOSPIRA COMO POSIBLES CAUSANTES DE ABORTO EN UN HATO DE GANADO BOVINO. PRESENTACIÓN DE CASO CLÍNICO.

Marin C.I.A.*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue identificar la prevalencia que tienen las serovariedades de Leptospira en un hato de ganado bovino ubicado en el municipio de Cerrito de Camargo, Guanajuato y la relación que tienen estas en la incidencia de abortos que se han presentado en las hembras últimamente. Se tomaron muestras de sangre a 7 hembras; 3 hembras que habían abortado en los últimos dos años, 2 hembras gestantes y 2 hembras vacías, para el diagnóstico serológico por medio de la prueba de Microaglutinación en Placa. La prevalencia que mostraron las serovariedades fue: *grippotyphosa, icterohaemorrhagiae* y *canicola* con el 100%, *hardjo* y *bratislava* con el 85.71%, *bataviae* con 71.42%, *pomona* con 28.57%, *autumnalis, tarassovi* y *wolffi* con 14.28% y *celledoni* y *pyogenes* con el 0%. Las serovariedades que mostraron los títulos más altos fueron *grippotyphosa, bratislava* y *canicola* por lo que se sospecha que se trata de una infección de tipo accidental por medio de la presencia de ratas y cerdos en el hato. Las hembras que habían abortado presentaron los títulos más altos para la serovariedad *grippotyphosa* e incluso una de estas mostró el título más alto para esta serovariedad que cualquier otra hembra. Como todas las hembras mostraron títulos significativos para más de 2 serovariedades se determina que el hato es seropositivo frente a *Leptospira.* Los resultados demuestran que estos animales han estado en contacto con la bacteria en algún momento de su vida, sin embargo, no se puede asegurar que este agente infeccioso sea el causante de los abortos en los animales por lo que la prueba MAT solo sirve como sospecha de la infección por Leptospira.

Introducción

La leptospirosis es una de las enfermedades zoonóticas más importantes a nivel mundial, debido a que su incidencia y presentación tiene un fuerte impacto tanto en la salud animal como en la salud pública pues afecta a múltiples especies de mamíferos tanto domésticos como silvestres. En el sector pecuario provoca importantes pérdidas económicas para pequeños, medianos y grandes productores dedicados a la ganadería, sobre todo por ocasionar múltiples trastornos de la reproducción y disminución de los parámetros productivos (Fariñas F, Pedreira J & Diéguez J, 2022). La leptospirosis es una enfermedad infecciosa causada por espiroquetas (en forma de espiral) del género Leptospira perteneciente a la familia Leptospiraceae del orden Spirochaetales, clase Spirochaetia y filo Spirochaetes. Su tamaño varía de 6 a 20 micras de longitud y 0,1 micras de diámetro, es gram-negativa, móvil, helicoidal, flexible, con forma de gancho y aerobia estricta, lo que le permite su supervivencia en el agua estancada hasta por 5-7 semanas o ambientes húmedos y templados, con un pH neutro o ligeramente alcalino y con un óptimo de temperatura de crecimiento de 28–30°C (Gabriel, Martínez, Luna, Villagómez, Torres, Leyva & Meléndez, 2019; Gómez, 2005; Romero & Falconar, 2016).

Actualmente el género Leptospira se compone de 21 especies que se dividen en dos grupos: el grupo infeccioso que se divide a su vez en Grupo I (con 9 especies patógenas) y Grupo II (con 5 especies patógenas intermedias), y el grupo no infeccioso que incluye las especies saprofitas o de vida libre (con 6 especies). Y adicionalmente la especie L.meyeri que está compuesta por serovares patógenos y saprofitos. Esta clasificación está basada en la homología del ADN medida por técnicas de hibridación, en la secuenciación del ARN ribosomal 16S, la patogenicidad, virulencia y las características de crecimiento in vitro. (Romero *et al*., 2016). Con base en esta última clasificación y hablando en la mayoría de las serovariedades, estas suelen tener cierta preferencia por alguna especie animal que participa como reservorio o también llamado “hospedador de mantenimiento” de

* Flamingos #13. Ba. San Pedro, Chimalhuacán, Estado de México, CP. 56334. mariadne7@gmail.com. 5551957398.

esa serovariedad, sin embargo, esto no quiere decir que tengan exclusividad por un solo huésped ya que incluso una serovariedad puede afectar a múltiples especies. Por otro lado, puede haber especies que pueden ser infectadas accidentalmente por otras serovariedades que no tienen preferencia por ellas, lo que los convierte en "hospedadores accidentales", lo que en la mayoría de los casos suele presentarse a manera de cuadros clínicos mucho más severos e incluso con presentación de brotes, en comparación con los casos de los hospedadores de mantenimiento donde el cuadro suele ser de tipo subclínico (Fariñas ***et al***., 2022). El reservorio más común de la Leptospira es la rata quien alberga a la bacteria en los riñones y por medio de la secreción de orina produce una liberación prolongada de la bacteria, contaminando agua, suelos y superficies inertes, lo que la convierte en una fuente de infección muy fácil tanto para otros animales como para el ser humano (Canal Divulgación de la Ciencia UAM-X, 2022). En el caso de los bovinos las serovariedades que se han asociado a la presentación de la enfermedad son: *hardjo, tasassovi, wolffi, pomona, canicola, grippotyphosa* e *icterohaemorrhagiae*. Más comúnmente las 3 primeras y en el caso de la serovariedad hardjo ha sido reconocida como la más importante en el ganado bovino, debido a que este participa como hospedador de mantenimiento de este serovar (Carmona, Castillo, Ramírez, Ko, Luna & De la Peña, 2011; Fariñas ***et al***., 2022).

Etiología y patogenia de la enfermedad

La etiología del aborto en el vacuno es multifactorial ya que puede deberse a múltiples causas asociadas a diferentes factores como lo son de tipo nutricional; por alguna deficiencia de minerales o ingredientes en la dieta, a malas prácticas pecuarias; como lo son la mala higiene de los corrales y mal manejo del personal para con los animales, a iatrogenias; en el caso de ofrecer ingredientes o productos que podrían provocar intoxicaciones en el ganado o bien al uso incorrecto de fármacos durante la gestación, hasta llegar a los agentes infecciosos que incluyen virus, bacterias, protozoos y hongos, además por otros patógenos menos frecuentes como estafilococos, entre otros (Doménech, Blanco, Cid, Cutuli de Simón, Diez, Domínguez, Gibello y Gómez-Lucia, 2017). En el caso de leptospira los abortos suelen presentarse mayormente en el último tercio de la gestación y/o además puede haber presencia de crías débiles, fetos momificados, mortinatos, reabsorción embrionaria, retención placentaria, infertilidad, incremento en servicios por concepción y por tanto aumento del intervalo entre partos, etc. Por otro lado, se ha reportado que pueden llegar a presentar fiebre, disnea, baja repentina de producción láctea, presencia de anemia, mastitis clínica, hemoglobinuria, ictericia, manifestaciones respiratorias y daño hepático y renal, aunque muchas veces pasa a ser casi desapercibida cuando se trata de infecciones en especies adaptadas al huésped (Bautista PUJ, Comunicación personal, 2020). La infección puede ser de manera directa cuando ocurre por la ingestión de leche de vacas infectadas, por vía venérea cuando los genitales están contaminados con restos de orina, semen y por el contacto hocico-genitales. Y de manera indirecta cuando los animales entran en contacto con agua o superficies contaminadas con orina de animales infectados (enfermos o portadores asintomáticos), fetos abortados y secreciones uterinas (Gómez, 2005). La bacteria ingresa al organismo de los bovinos por medio de las mucosas (oral, ocular, nasal y del tracto reproductor), por medio de heridas en la piel o piel dañada por la humedad (cuando los animales pasan mucho tiempo con los miembros sumergidos en charcos de agua estancada contaminada) y por vía sexual directa o indirecta. De ahí pasa al torrente sanguíneo y se replica en varios tejidos como el hígado, pulmones, tracto genital y principalmente en los riñones donde se aloja y se elimina por la orina completando el ciclo de vuelta para infectar a otro organismo. El periodo de incubación varía entre 5 y 14 días, con un máximo de 21 días (Gabriel, Martínez, Luna, Villagómez, Torres, Leyva & Meléndez, 2019; Gómez, 2005; Bautista PUJ, Comunicación personal, 2020). En el caso de las hembras gestantes se habla de que la vía hemática es la de mayor importancia para producir abortos, alteraciones en los fetos; momias, maceración fetal y mortinatos, problemas de infertilidad y en los recién nacidos, pues en el caso de las serovariedades de mantenimiento, la bacteria puede provocar infección en el útero, por lo que los neonatos podrían ser portadores renales (Fariñas ***at al***., 2022).

Signología y cuadro clínico

En el caso de los bovinos no hay cuadros hemorrágicos como sucede en otras especies y de hecho los signos clínicos suelen pasar casi desapercibidos en animales adultos (Canal Divulgación de la Ciencia UAM-X, 2022). La mayoría de las afecciones se reflejan en cuestiones de tipo reproductivo con la presencia de crías débiles, fetos momificados, mortinatos, reabsorción embrionaria, abortos en el último tercio de la gestación, retención placentaria, infertilidad, incremento en servicios por concepción y por tanto aumento del intervalo entre partos. Por otro lado se ha reportado que pueden llegar a presentar fiebre, disnea, baja repentina de producción láctea, anemia, mastitis clínica, hemoglobinuria, ictericia, entre otros (Bautista PUJ, Comunicación personal, 2020).

El cuadro agudo se da principalmente en animales jóvenes que cursan mayormente con fiebre, ictericia y hemoglobinuria e incluso podrían llegar a morir. Se habla de que se da principalmente por serovariedades accidentales donde en el caso de los animales adultos hay marcada disminución de la producción láctea y donde la leche tiene aspecto similar al calostro e incluso podría verse pigmentada de sangre, además hay presencia de abortos en "tormenta", ictericia y hemoglobinuria y con baja frecuencia meningitis que podría provocar la muerte del animal (Fariñas ***et al***., 2022). El cuadro crónico se da principalmente en animales adultos los cuales prácticamente no presentan manifestaciones clínicas, hasta la aparición del aborto y en el caso de presentar signos de la enfermedad estos son muy parecidos a los de los animales jóvenes en el cuadro agudo. Suele asociarse más a la serovariedad hardjo, donde se presemnta agalactea, bajos índices reproductivos, crías débiles y prematuras, mortinatos y abortos que ocurren entre 3-12 semanas después de la infección (posible autolisis) (Fariñas ***et al***., 2022).

Diagnóstico

Las diferentes técnicas utilizadas para el diagnóstico de leptospirosis pueden ser directas; con la detección de leptospiras o sus antígenos y/o ácidos nucleicos en los tejidos y/o fluidos corporales, e indirectas; basadas en la detección de anticuerpos frente a las leptospiras (González & Rivera, 2015). Básicamente la prueba estándar por poseer mayor fiabilidad en los resultados para el diagnóstico de leptospira es la MAT ya que permite la detección de la presencia de anticuerpos específicos frente a la bacteria con la obtención de un resultado cuantitativo mediante la determinación del título de anticuerpos en la muestra: la máxima dilución del suero problema en la que se observa reacción de aglutinación (García, 2021). "Se consideran positivos aquellos animales que presenten títulos de 1:100 o superiores como lo propone la Oficina Internacional de Epizootias (OIE) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS)." (Luna ***et al***., 2005).

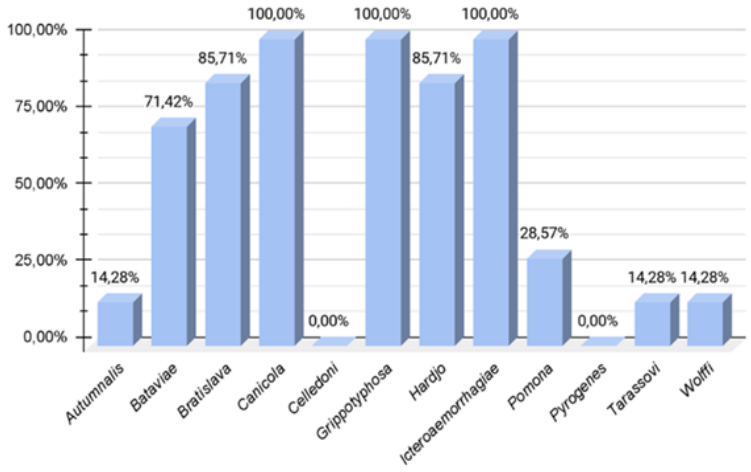
Reporte de caso

El presente estudio se llevó a cabo en un hato de hembras bovinas, pertenecientes a una producción de traspatio de un pequeño productor en el municipio de Cerrito de Camargo Guanajuato. El productor aloja a sus animales en corrales en un terreno bardeado con muros de cemento y piso de tierra. Cuenta con vacas, becerras y becerros grandes, toros y una cerda con sus lechones recién nacidos. Sus vecinos también crían bovinos, a los cuales en alguna ocasión les llegó a prestar a uno de sus toros. El productor utiliza I.A para cargar a sus hembras y cuando no quedan cargadas opta por la monta natural utilizando el toro que tiene. En la mayoría de las veces sus vacas quedan gestantes a la primera inseminación y solo algunas veces requieren de dos. Todos los animales han nacido ahí por lo que no ha comprado ninguno externo. La alimentación se basa en alfalfa seca, brócoli y pacas de rastrojo, alimento comercial y bulto o piedra de minerales y no realiza cambio de alimentación en ningún momento. El agua que les proporciona a sus animales proviene de un pozo y se las ofrece a libre acceso en piletas a las cuales les realiza limpieza una vez a la semana con agua y cloro. En las pacas ha llegado a encontrar algunas ratas muertas, aunque refiere a que han sido pocas debido a que tiene gatos dentro del terreno y ningún perro. No da medicina preventiva a sus animales y tampoco ha aplicado ningún tipo de vacunas ni a los bovinos ni a la cerda, únicamente les pone vitaminas a ambas especies. En la actualidad tiene nueve vacas produciendo leche y dos becerras grandes. De todas estas, tres le han abortado y una de estas ha tenido una muy baja

producción de leche recientemente, motivo por el cual el productor llamó al MVZ hace aproximadamente dos meses y se le inició un tratamiento hormonal para implementar una lactoinducción. El corral que se muestreo cuenta con 11 hembras con y sin incidencia de aborto: M1; vaca de 4 años que presento un aborto hace 2 años, M2; vaca de casi 4 años que presento un aborto hace aproximadamente 4 meses con 3-4 meses de gestacion (ya había abortado anteriormente cuando era primeriza) y esta en tratamiento de lactoinduccion, M3; vaca de 2 años y medio que presento un aborto hace 6 meses con 7 meses de gestacion, tuvo retención placentaria por 5 días y salio un feto momificado, M4; becerra de 1.7 años, M5; Becerra belga de 1.8 años, gestante de 4 meses y está postrada porque se lastimó una pata, M6; vaca de 4 años y medio, gestante, M7; vaca de 2 años y medio y hace 2 semanas tuvo su primer parto eutócico. La recolección de muestras de sangre se realizó por la vena coccígea y ninguno de los animales mostraba signos clínicos de la enfermedad. Se remiten los tubos en refrigeración al laboratorio de Microbiología e Inmunología de la FMVZ de la UNAM para su análisis. Se realiza el diagnóstico serológico para la identificación de Leptospira por medio de la prueba MAT empleando una bacteria que incluye 12 diferentes serovariedades: Autumnalis, Akiyama A, Bataviae, Van Tienen, Bratislava, Jez Bratislava, Canicola, Hond Utrech IV, Celledoni, Celledoni, Grippotyphosa, Moskva V, Hardjo, Hardjoprajitno, Icterohaemorrhagiae RGA, Pomona, Pomona, Pyogenes, Salinem, Tarassovi, Perepelicin y Wolffi, 3705.

Resultados

Con relación a las serovariedades de Leptospira: Celledoni y Pyogenes no se detectaron en ninguna muestra. En el caso de la serovariedad Bataviae, Pomona, Tarassovi y Wolffi presentaron títulos menores a lo propuesto por la OIE por lo que tienen poco valor significativo. Sin embargo, considerando su aparición en las muestras, su prevalencia es de 71.42%, 28.57%, 14.28% y 14.28% respectivamente. La serovariedad Autumnalis sólo se encontró en una muestra (14.28%). La serovariedad Bratislava se encontró en 6/7 muestras (85.71%). Las serovariedades Canicola y Grippotyphosa se encontraron en todas las muestras (100%). La serovariedad Hardjo se encontró en 6/7 muestras (85.71%). La serovariedad Icterohaemorrhagiae se encontró en 6/7 muestras (85.71%) de las cuales una de estas presenta títulos menores de 1/100.

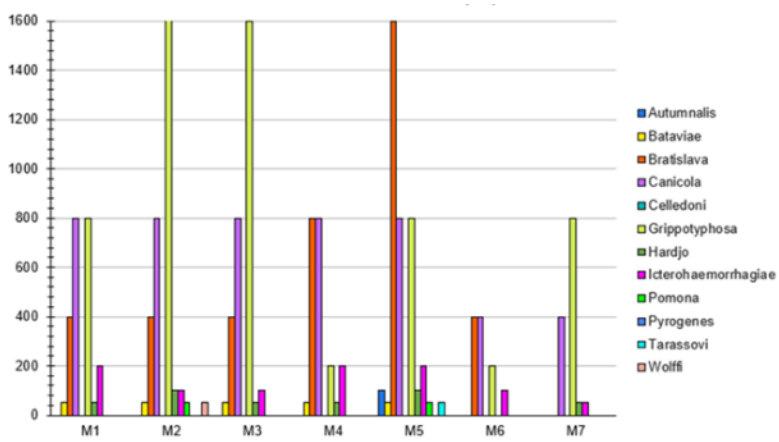


Gráfica 1. Prevalencia de las serovariedades de Leptospira en el estudio.

Con relación a las hembras muestreadas: M1 presentó títulos significativos para 4/12 serovariedades; Bratislava, Canicola, Grippotyphosa e Icterohaemorrhagiae. M2 presentó títulos significativos para 5/12 serovariedades; Bratislava, Canicola, Grippotyphosa, Hardjo e Icterohaemorrhagiae. M3 presentó títulos significativos para 4/12 serovariedades; Bratislava, Canicola, Grippotyphosa e Icterohaemorrhagiae. M4 presentó títulos significativos para 4/12 serovariedades; Bratislava, Canicola, Grippotyphosa e Icterohaemorrhagiae. M5 presentó títulos

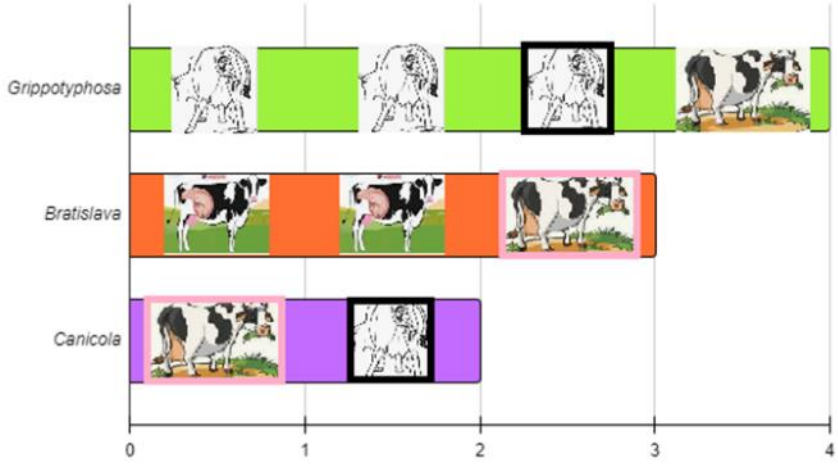
significativos para el mayor número de serovariedades 6/12; Autumnalis, Bratislava, Canicola, Grippotyphosa, Hardjo e Icterohaemorrhagiae. M6 presentó títulos significativos para 4/12 serovariedades; Bratislava, Canicola, Grippotyphosa e Icterohaemorrhagiae y M7 presentó títulos significativos para 2/12 serovariedades; Canicola y Grippotyphosa.

Los títulos de anticuerpos para las serovariedades de Leptospira fueron de mayor a menor: Grippotyphosa (1/3200), Bratislava (1/1600), Canicola (1/800), Icterohaemorrhagiae (1/200), Hardjo (1/100), Autumnalis (1/100), Bataviae (1/50), Pomona (1/50), Tarassovi (1/50) y Wolffi (1/50).



Gráfica 2. Títulos de anticuerpos para las serovariedades de Leptospira en cada una de las muestras.

Con relación a las hembras que habían abortado anteriormente y al estado fisiológico del resto: las tres vacas que habían tenido incidencia de aborto presentaron los títulos más altos para la serovariedad Grippotyphosa, incluso una de estas hembras mostró el título más alto para grippotyphosa que cualquier otra hembra muestreada. Las dos hembras gestantes coinciden con los títulos más altos para la serovariedad Bratislava y las dos hembras vacías coinciden en la presentación de títulos significativos para la serovariedad Canicola y Grippotyphosa.



Gráfica 3. Serovariedades de Leptospira que presentaron los títulos más altos en el estudio con relación al número de vacas muestreadas.

Discusión y conclusiones

Debido a que el productor nunca ha vacunado a sus animales, se descarta que la presencia de anticuerpos en la prueba MAT sea de origen vacunal y por tanto se puede asegurar que se trata de una exposición natural a la bacteria.

La mayoría de las serovariedades que se pusieron a prueba en el estudio son consideradas como accidentales en los bovinos debido a que estas suelen tener preferencia por otras especies animales y por lo tanto resultan ser de baja incidencia para esta especie. Los resultados demuestran que muchos de los títulos de anticuerpos fueron elevados para las serovariedades accidentales, lo que indica que existe una alta incidencia de estas en el hato. Las serovariedades de Leptospira que tuvieron mayor incidencia en los bovinos fueron: Canicola, Grippotyphosa, Icteroaemorrhagiae, Bratislava y Bataviae las cuales tienen como huésped de mantenimiento a la rata, el cerdo y el perro, lo que indica la importancia que están teniendo estas especies en mayor o menor medida dentro del hato del productor. Aun cuando se presenten títulos de anticuerpos elevados para serovariedades accidentales, se ha reportado que en el caso de estas la viabilidad de la bacteria en la orina de los bovinos resulta ser de poca duración y no hay reporte de portadores genitales, por lo que el contagio de vaca a vaca es poco viable. Al presentar todas las hembras muestreadas una alta incidencia de serovariedades accidentales lo más probable es que la transmisión ha sido de manera indirecta por medio de una fuente de infección en común como lo es el agua, el alimento y hasta el mismo suelo del corral contaminado con orina de animales portadores de esa serovariedad. Las serovariedades accidentales son las que suelen llegar a presentar cuadros agudos de la enfermedad con presentacion de abortos en “tormenta” por lo que su presentacion debe ser una bandera roja para el productor. “Una vaca infectada con una única serovariedad es probable que tenga anticuerpos contra más de una serovariedad en una prueba de aglutinación. De forma general, se acepta que la infección está provocada por aquella serovariedad frente a la que se observan mayores niveles de anticuerpos” (Fariñas ***et al***., 2022, pp 133). Las serovariedades que presentaron los títulos más altos fueron *grippotyphosa, bratislava y canicola* por lo que se sigue argumentando que podría tratarse de infecciones accidentales indirectas.

En el caso de las serovariedades adaptadas a la especie cuando se trata de infecciones de manera natural como es en el caso de hardjo, se ha reportado que las vacas pueden eliminar la bacteria en la orina durante 28 a 40 semanas (7-10 meses) por lo que aunque pase un tiempo considerable después de la infección aún podrían estar presentes las leptospiras en la orina, infectando a los demás animales. Esto podría explicar el hecho de que 6/7 vacas del corral son seropositivas para hardjo, debido a que se han estado infectado con esta serovariedad durante un largo tiempo. Si se tratara de una infección por Leptospira reciente seria probable que al colectar muestras de orina, la bacteria hubiera estado presente en ellas, considerando que el tiempo entre el ultimo aborto y la toma de muestras fue de tres meses. Aunque se detectaron títulos bajos para hardjo es un hecho que la serovariedad estuvo o está presente en el hato, por lo que se debe de tener en consideración ya que es una serovariedad que se ha estado transmitiendo entre los animales del corral y por lo tanto se tiene la probabilidad de que infecte al resto de los bovinos del productor incluyendo a las crías que nazcan de las hembras gestantes y tomar en cuenta además que hardjo puede llegar a provocar problemas de infertilidad en los animales. Por otro lado se puede sospechar que la infección por esta serovariedad sea por vía reproductiva de parte del toro que el productor llegó a prestar a sus vecinos, ya que por lo que mencionó los problemas reproductivos le empezaron poco tiempo después de haberlo prestado y recordando que mencionó que cuando sus hembras no quedaban preñadas con I.A hacía uso de este para cargarlas y así es como la bacteria pudo ingresar al hato. Sería importante realizar pruebas serológicas y un seguimiento continuo de los toros para verificar su estado sanitario y evitar la transmisión sexual de la enfermedad.

La literatura menciona que los serovares adaptados a la especie como hardjo, podrían mostrar una baja respuesta inmune que no podría ser detectada incluso en muestras colectadas al momento del aborto. En este caso las vacas con incidencia de aborto, habian abortado hace varios meses antes de tomar las muestras y aun así si se lograron detectar títulos de anticuerpos, lo que podria indicar que al tratarse de una serovariedad adaptada a la especie esta no genera una respuesta tan fuerte para este serovar o bien que la respuesta contra la bacteria es baja debido a que se trata de una reinfeccion y por lo tanto ya existen anticuerpos frente a este agente. Por otro lado, todas las hembras

que fueron seropositivas para la serovariedad hardjo lo fueron también para la serovariedad Icterohaemorrhagiae lo que indica un claro problema de salud pública que debe ser intervenido mediante programas de saneamiento básico (Ochoa *et al*, 2000).

Al detectarse títulos de anticuerpos elevados en las serovariedades de Leptospira se indica la fuerte respuesta que tuvo el sistema inmune del organismo de los bovinos contra estos serovares. Se podria tratar de cuadros cronicos provocados por la serovariedad hardjo en las hembras que habían abortado, lo que explicaría la presentación de los abortos sin manifestación de signos clínicos. Aunque se debe recordar que esto es algo que no se pueda asegurar debido a que no se esta detectando a la bacteria en los abortos y en las hembras a la par y en este estudio la prueba MAT solo indica que estos animales han estado en contacto con la bacteria en algún momento de su vida. No se muestrearon a todas las vacas del corral, pero es muy probable que si hubiera sido el caso y si se tratara de una infección por Leptospira, las demás hembras también hubieran sido seropositivas a la presencia de mínimo una serovariedad de la bacteria ya que conviven con todas las demás vacas que sí lo son.

En el caso caso particular de la M1 a pesar de que el aborto que tuvo fue hace dos años, después de ese suceso pudo gestar con normalidad.lo que podria indicar que si bien no se sabe si la causa del aborto anterior fue por Leptospira si habría una alta probabilidad de que fuera así y que la madre al ya haber estado expuesta a la bacteria genero inmunidad a la misma lo que resulto en una gestación normal, pero quizá con el nacimiento de una cría infectada. Para la M2 podría suponerse que la causa de la disminución de la producción láctea sea debido a un cuadro crónico por la reinfección con la serovariedad hardjo ya que por su historia clínica se sabe que ya había abortado tiempo atrás cuando era primeriza además de que esta es una de las vacas que sí presentó títulos significativos para hardjo con lo que se podría suponer que esta serovariedad pudo contribuir a que abortara anteriormente y ahora está afectando más a la parte productiva.

La incidencia de Leptospirosis en los bovinos en México ha demostrado que existe una frecuencia importante de resultados seropositivos en esta especie, por lo que siempre que se presenten abortos se debe de considerar la presencia de este agente como causante de los mismos y nunca descartar la posibilidad de que el origen sea de tipo infeccioso, unicamente hasta que se compruebe lo contrario por medio de estudios de laboratorio. Si bien los resultados no aseguran que la Leptospira sea la causante de los abortos en las hembras, ya que este es un fenómeno multifactorial, si existe la probabilidad de que sea una de las causas, sin embargo, la única manera de comprobarlo sería realizando un estudio mucho más exhaustivo contra este y otros agentes infecciosos para descartar y/o asegurar la causa real de los abortos. Si bien la literatura ha reportado que existen animales sanos seropositivos durante mucho tiempo debido a infecciones antiguas, la presentación de los abortos en este estudio si es un foco de alerta para que se apliquen medidas de prevención, control y tratamiento a todos los animales del productor (De Luca, 2002; Moles, 2002).

El diagnóstico definitivo de la leptospirosis, así como su prevención, abordaje y control son de suma importancia para la salud de cualquier hato, no solo por las pérdidas económicas que esta representa sino porque también es un problema de salud pública muy importante por ser una de las zoonosis de más relevancia a nivel mundial y en el país y por ser considerada una enfermedad de carácter ocupacional. Es muy importante identificar las serovariedades que se tienen en el estado o zona en particular donde se sospeche de la bacteria, para aplicar las bacterinas que contengan las serovariedades de la zona y así ir disminuyendo la incidencia de la enfermedad por las mismas. Se recomienda al productor implementar medicina preventiva en todos sus animales y sobre todo realizar la bacterinizacion simultánea de todos los animales del hato incluyendo a los cerdos además de efectuar un control de roedores y realizar exámenes rutinarios a los toros usados para monta natural (Gonzalez *et al*., 2015). Todas las vacas del estudio son seropositivas a la presencia de alguna serovariedad de Leptospira lo que demuestra una prevalencia del 100% de la bacteria en el hato del productor lo que lo convierte en un hato seropositivo frente a Leptospira. Entre las serovariedades adaptadas a la especie, este estudio demuestra que la serovariedad hardjo sigue siendo la “líder” en cuanto a incidencia en los bovinos por encima de Tarassovi y Wolffi.

Bibliografía

1. Carmona-Gasca CA, León LL, Castillo-Sánchez LO, Ramírez-Ortega JM, Ko A, Luna PC & De la Peña-Moctezuma A. (2011). Detección de Leptospira santarosai y L. kirschneri en bovinos: nuevos aislados con potencial impacto en producción bovina y salud pública. *Vet Méx, 42, 4, 277-288.*

2. De-Igartúa LE, Coutiño RMa del Rocío & Velasco CO. (2005). Revisión breve de Leptospirosis en México. *Altepepaktli,1,1 y 2,1-17.*

3. De Luca LJ. (2002). Aborto bovino; causas, frecuencia, etiopatogenia, inmunidad. Sitio Argentino de Producción Animal.

4. Divulgación de la Ciencia UAM-M. (26 de abril de 2022). *Leptospira, la bacteria del agua estancada. Dr. Jorge Torres.* [Archivo de Vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=Er3kSEfy9WE.

5. Doménech, A., Blanco, M del Mar., Cid, M., Cutuli de Simón, M., Diez, A., Domínguez, G., Gibello, A., & Gómez-Lucia, E. (2017). *Manual Gráfico: Inmunología y enfermedades infecciosas en vacuno.* España. SERVET.

6. Fariñas, F., Pedreira, J., & Diéguez, J. (2022). *Inmunología y enfermedades infecciosas en vacuno.* España. SERVET.

7. Gabriel VBL, Martínez HDI, Luna DV, Villagómez CJA, Torres BJI, Leyva OO & Meléndez VP. (2019). Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Seroprevalencia de leptospirosis ovina en el estado de Veracruz. *INIFAP, 3, 1, 988-996.*

8. García-Seco T., Pérez-Sancho M., Hernández-Carrillo J. y Domínguez L. Microaglutinación en placa. Técnicas de diagnóstico, VISAVET Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria, Servicio de Informática y Comunicación. Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria. Universidad Complutense, Madrid, España, 24 de marzo de 2021. (Comunicación online).

9. Gómez RM de la Paz. Determinación de anticuerpos maternos transferidos a becerros nacidos de vacas vacunadas contra leptospirosis en un rancho lechero Atitalaquia Hidalgo. UNAM FESC; Tesis 2005: 8-37.

10. González GF & Rivera PS. (2015). Caracterización de la leptospirosis bovina en Venezuela. Revisión breve sobre la enfermedad. *Rev. Electrón. Vet, 16, 2, 2-17.*

11. Luna AMA, Moles y Cervantes LP, Gavaldón RD, Nava VC & Salazar GF. (2005). Estudio retrospectivo de seroprevalencia de Leptospirosis bovina en México considerando las regiones ecológicas. *Rev Cubana, 57, 1.*

12. Romero-Vivas CM & Falconar AK. (2016). Leptospira spp. y leptospirosis humana. *Salud Barranquilla, 32, 1, 123-143.*

13. SIAP. Población ganadera. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción. Inventario 2021 Bovinos para leche.

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES INMUNES EN BECERROS INMUNIZADOS CON DIFERENTE DOSIS DE VACUNA BCG O CON UN EXTRACTO PROTEICO DE *Mycobacterium bovis*, BAJO CONDICIONES DE CAMPO

Díaz O.F.[*]*, Jaramillo M.L.[1], Manzo S.A.[1], Diosdado V.F.[1], Martínez E.H.[2], Pérez G.R.[3]

[1]CENID-Salud Animal e Inocuidad del INIFAP, [2]Profesionista Independiente,
[3]FES-Cuautitlán, UNAM diof0009@yahoo.com.mx

RESUMEN

La tuberculosis bovina (TBb) representa un problema grave para la salud pública y la sanidad animal, sobre todo en países en vías de desarrollo, en los cuales las prevalencias en los sistemas producto bovino-leche son altas. En consecuencia, su control debe fundamentarse en alternativas integrales en su fuente animal para evitar su transmisión entre animales y a los seres humanos desde la perspectiva de "Una sola salud". Al respecto, la vacunación se considera la opción más viable para lograr este propósito; sin embargo, para conseguir éxito en esta iniciativa es necesario determinar las condiciones bajo las cuales debe aplicarse la vacuna, y comprender los mecanismos inmunológicos que ofrecen resistencia contra *Mycobacterium bovis*, pues siendo esta una bacteria intracelular es deseable que las vacunas induzcan una respuesta inmune de tipo celular orquestada y regulada por ciertas citocinas y quimiocinas, dentro de las cuales el interferón gamma (IFN-γ), la interleucina-2, IL-1β, IL-17A y la proteína-10 inducida por el IFN-γ (IP-10), tienen una participación relevante. El objetivo de este estudio fue evaluar algunos de los biomarcadores inmunes que señalan el establecimiento de una inmunidad protectora de tipo celular en becerros vacunados con la vacuna BCG cepa Phipps, o con un Extracto Proteico de Filtrado de Cultivo (CFPE) de *M. bovis* a diferente dosis, bajo condiciones de campo en un hato con alta prevalencia de la enfermedad. Para lo cual, 70 becerras de dos meses de edad, localizadas en un hato lechero de Tizayuca, Hgo., y provenientes de madres negativas de tuberculosis, se dividieron al azar en siete grupos de diez. El Grupo 1, se le aplicaron 300 µg/ml del CFPE; al Grupo 2, 600 µg/ml del preparado; el Grupo 3, se inmunizó con $1x10^4$ UFC de la BCG cepa Phipps; el Grupo 4, se inoculó con $1x10^6$ UFC; el Grupo 5, fungió como testigo sin inmunizar. El Grupo 6 corresponde a un grupo de 10 becerras que mostraron reactividad a la prueba de tuberculina antes de inmunizarse, las cuales recibieron la BCG $1x10^5$ UFC, y por último el Grupo 7, inmunizado con BCG $1x10^5$ UFC. La administración de los inmunógenos se efectuó vía subcutánea. Se evaluó la producción de IL-17, IFN-γ e IP-10 al tiempo 0, a los 30 días y a los 18 meses posvacunación, luego de la estimulación antigénica *in vitro* de cultivos de sangre completa de los animales de cada grupo con el CFPE, así como en cultivos de Células Mononucleares de Sangre Periférica (CMNSP). Se observaron incrementos significativos de las citocinas y quimiocina evaluadas principalmente en los grupos inmunizados con BCG más que en los grupos inmunizados con el CFPE, se observó que en los animales del grupo reactor inmunizado los valores de estos biomarcadores fueron siempre más altos que en los diferentes grupos vacunados. Los niveles significativos de IL-17 e IFN-γ determinados en los grupos vacunados con BCG no reactores, indican la proliferación y activación de las poblaciones de memoria efectora Th17 y Th1 asociándolas con el establecimiento de una inmunidad protectora duradera, de acuerdo a los resultados obtenidos a los 18 meses posvacunación.

[*] Fernando Díaz Otero, CENID-SAI, Departamento de Inmunología. Carretera México-Toluca, Km. 15.5 Col. Palo Alto, 05110 Teléfono: 38718700, Ext 80315. E-mail: diof0009@yahoo.com.mx

INTRODUCCION

La tuberculosis bovina (TB) produce un impacto directo en la eficiencia productiva y reproductiva del ganado bovino de leche[5]. Debido a ello, las estrategias de control basados en la vacunación se consideran la mejor alternativa; para conseguir éxito en ese propósito es necesario comprender los mecanismos inmunológicos que ofrecen resistencia contra la enfermedad. Siendo *M. bovis* un patógeno intracelular es deseable que las vacunas que se empleen induzcan una inmunidad de tipo celular[1,2]. Dentro de las diferentes poblaciones de linfocitos T cooperadoras, las Th1 y Th17 se han reconocido como las poblaciones celulares efectoras más importantes que medían la protección y la patología durante el desarrollo de la TB [4, 6,9], por lo cual en este estudio de evaluación de vacunas se tuvo interés en analizar la participación de las células Th17 en el establecimiento de una inmunidad protectora y de larga vida en los grupos inmunizados, mediante la cuantificación de IL-17a e IFN-γ, principales citocinas producidas por las poblaciones celulares anteriormente referidas, además se evaluó la producción de IP-10, que es una quimiocina de 10 kDa inducible por el IFN-γ, esta proteína de bajo peso molecular se expresa en las células presentadoras de antígeno en respuesta al IFN-γ, que a través de la unión al receptor CXCR3, dirige la migración de las células T a sitios inflamados, por lo que también se consideró como posible biomarcador de respuesta inmune [9,11]. Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar algunos biomarcadores inmunes que señalan el establecimiento de una inmunidad de tipo celular en becerros vacunados con la vacuna BCG cepa Phipps, o con un Extracto Proteico de Filtrado de Cultivo (CFPE) de *M. bovis* a diferente dosis, bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la vacuna BCG subcepa Phipps

La vacuna BCG cepa Phipps primeramente se cultivó en medio solido Middlebrook 7H10 e incubó a 37°C hasta su crecimiento por tres a cuatro semanas para comprobar su pureza. Posteriormente, se tomó una asada de una colonia que se transfirió a medio liquido Middlebrook 7H9 para la propagación de la semilla e incubó nuevamente a 37 °C, en agitación a 200 rpm. A partir del nuevo lote semilla, se sembraron nuevamente las bacterias en medio solido Middlebrook 7H10 con OADC, a 37° C para comprobar la pureza del cultivo, y continuar con su propagación hasta alcanzar la fase exponencial de crecimiento, finalmente se ajustó a la concentración requerida para la aplicación en los animales

Obtención del extracto proteico del Filtrado de Cultivo de Mycobacterium bovis

La cepa AN5 de *M. bovis* se cultivó en medio líquido de Dorset-Henley, po ocho semanas al término, los cultivos se filtraron para obtener un medio libre de bacterias. Posteriormente, las proteínas presentes en el filtrado se precipitaron con sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$) a una saturación final del 80%, con agitación constante a 4°C por 24 horas, el precipitado resultante se centrifugó a 15 000 g por 1 hora, posteriormente se re-suspendió en solución amortiguadora de fosfatos (PBS) pH 7.4 y dializo exhaustivamente contra H_2O y PBS. El material así obtenido se denominó, extracto proteico de filtrado de cultivo (CFPE), la concentración de proteína del CFPE se determinó por el método de Bradford.

Diseño Experimental

70 becerras de dos meses de edad, localizadas en un hato de Tizayuca, Hgo., y provenientes de madres negativas de tuberculosis, se dividieron al azar en siete grupos de diez. El Grupo 1, se le aplicaron 300 µg/ml del CFPE; al Grupo 2, 600 µg/ml del preparado; el Grupo 3, se inmunizó con $1x10^4$ UFC de la BCG cepa Phipps; el Grupo 4, se inoculó con $1x10^6$ UFC; el Grupo 5, fungió como testigo sin inmunizar. El Grupo 6 corresponde a un grupo de 10 becerras que mostraron reactividad a la prueba de tuberculina antes de inmunizarse, las cuales recibieron la BCG $1x10^5$ UFC, y por último el Grupo 7, inmunizado con BCG $1x10^5$ UFC. La administración de los inmunógenos se efectuó vía subcutánea.

Evaluación de biomarcadores inmunes

Las becerras se muestrearon al tiempo 0, al primer mes y a los 18 meses posvacunación para evaluar la producción de IFN-γ, IL-17 e IP-10 en cultivos de sangre completa estimulados con el CFPE, así como en cultivos de CMNSP estimulas con el mismo antígeno. La producción de las citocinas en los cultivos de sangre completa y en los sobrenadantes de cultivo colectados éstos a los tres y 9 días de incubación se evaluaron por ELISA sándwich, empleando los anticuerpos monoclonales correspondientes. Se aplicó un ANOVA de 2 vías con una prueba de Tukey para la comparación de resultados entre grupos en los diferentes tiempos de muestreo.

RESULTADOS

En la **Figura 1**, se muestra los niveles de producción de IFN-γ obtenidos en los diferentes grupos previo a la vacunación y a los 30 días pv en los cultivos de sangre completa, expresados en índices de estimulación (IE). De acuerdo los resultados los grupos vacunados con BCG tuvieron incrementos de hasta 10 veces más en la producción de esta citocina con respecto a los valores observados antes de la inmunización, destaca observar el bajo efecto que tuvo la inmunización del grupo reactor en la producción de la misma, en relación al tiempo previo a la inmunización. En tanto que, en los grupos inmunizados con CFPE no se observaron incrementos significativos.

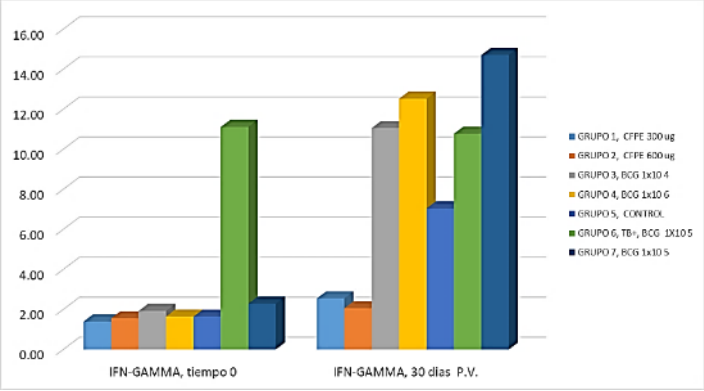


Figura 1. Los valores graficados corresponden al valor promedio de los índices de producción de IFN-γ resultado de la estimulación antigénica de los cultivos de sangre completa con el CFPE de *M. bovis* de los animales de cada grupo; estos valores corresponden a la relación de la densidad óptica obtenida de los cultivos estimulados con el CFPE con aquellas obtenidas en los cultivos sin estimular; en el tiempo 0 antes de la inmunización, y a los 30 días posinmunización.

En la **Figura 2** se muestran los valores de IE de los animales de cada grupo obtenidos en plasma, y SNC a los 3 y 9 días de los cultivos de CMNSP de cada uno de los animales de los grupos de estudio, de acuerdo al análisis realizado a los datos obtenidos existen diferencias en los niveles de producción determinados en plasma y en los sobrenadantes; sin embargo, la respuesta al estímulo antigénico en los grupos inmunizados, aunque de mucha menor magnitud presenta el mismo comportamiento observado en las evaluaciones realizadas en plasma.

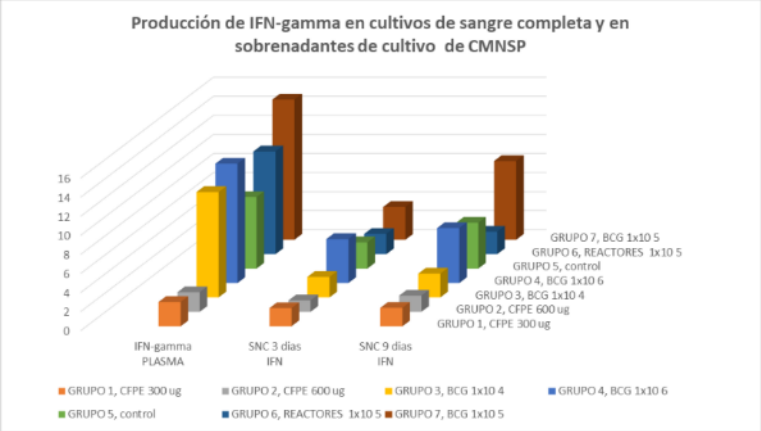
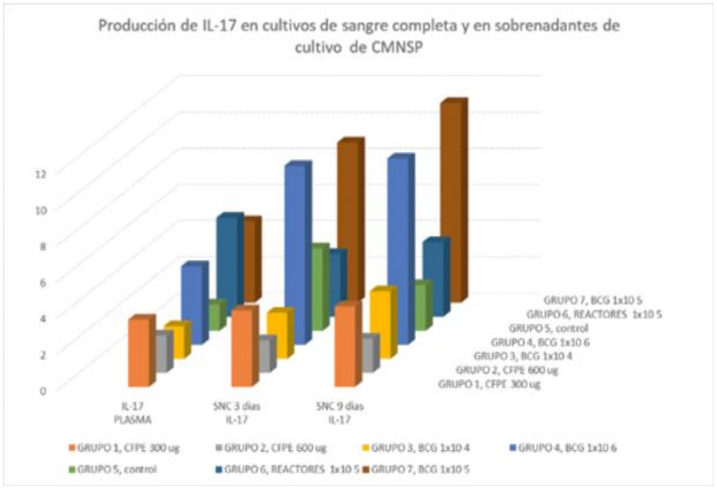
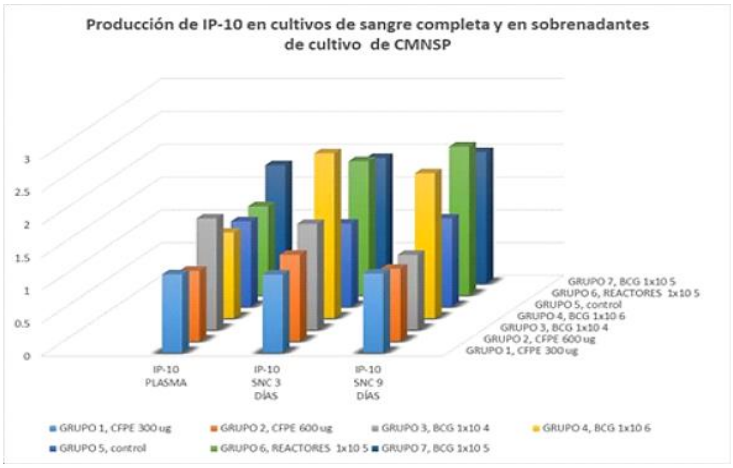


Figura 2. Los valores graficados corresponden al valor promedio de los índices de producción de IFN-γ resultado de la estimulación antigénica determinados en los plasmas obtenidos de los cultivos de sangre completa, como en los sobrenadantes de cultivo de CMNSP a los 3 y 9 días estimulados con el CFPE de M. bovis de los animales de cada grupo; estos valores corresponden a la relación de la densidad óptica obtenida de los cultivos estimulados con el CFPE con aquellas obtenidas en los cultivos sin estimular a los 30 días posinmunización.

En los animales del grupo reactor inmunizado se observó una disminución en los niveles de producción para ambas citocinas comparando con los que se registraron para el grupo no reactor inmunizado a la misma dosis (Grupo 7), **Figuras 2 y 3**. Se determinó una mayor producción de ambas citocinas en los grupos inmunizados con BCG acorde a la dosis administrada. En tanto que, para el CFPE a las dos dosis evaluadas no se observaron incrementos significativos para dichas citocinas comparando con los que fueron inmunizados con BCG en el periodo evaluado de 30 días pv. En lo que respecta al análisis de IP-10, los niveles de producción también fueron más altos en los grupos inmunizados con BCG y en función de la dosis, incluido el grupo reactor inmunizado, determinándose valores más altos en los SNC a los 9 días, **Figura 4.** Los resultados de evaluación del IFN-γ, IL-17 e IP-10 en los plasmas y SNC obtenidos a los 9 días de cultivo para los diferentes grupos inmunizados y control a los 18 meses pv, se muestran en la **Figura 5** en esta evaluación se observaron mayores índices de producción de IFN-γ e IL-17 en los SNC en los diferentes grupos, incluyendo el grupo control. Observándose, no obstante valores más altos de IFN-γ e IL-17 en los animales del grupo reactor inmunizado. Los incrementos promedio observados en el grupo control no vacunado correlacionan con la reactividad mostrada por algunos de los animales del grupo (datos

no mostrado), indicando posible infección en éstos, para confirmarlo se tomaron muestras de exudado nasal para intentar el aislamiento y se realizó una prueba de PCR para detectar el DNA de la micobacteria, confirmando su infección. La IP-10 fue significativa en el grupo reactor vacunado, mayormente estos continuaron siendo positivos a la prueba intradérmica de la tuberculina durante todo el estudio. De manera general se observa en el caso de los grupos vacunados con BCG no reactores niveles significativos de producción de IL-17 e IFN-γ en los SNC, señalando la proliferación y activación de las poblaciones de memoria efectora Th17 y Th1.





Figuras 3 y 4. Los valores graficados corresponden al valor promedio de los índices de producción de IL-17 e IP-10 resultado de la estimulación antigénica determinados en los plasmas obtenidos de los cultivos de sangre completa, como en los sobrenadantes de cultivo de CMNSP a los 3 y 9 días estimulados con el CFPE de M. bovis de los animales de cada grupo; estos valores corresponden a la relación de la densidad óptica obtenida de los cultivos estimulados con el CFPE con aquellas obtenidas en los cultivos sin estimular a los 30 días pv.

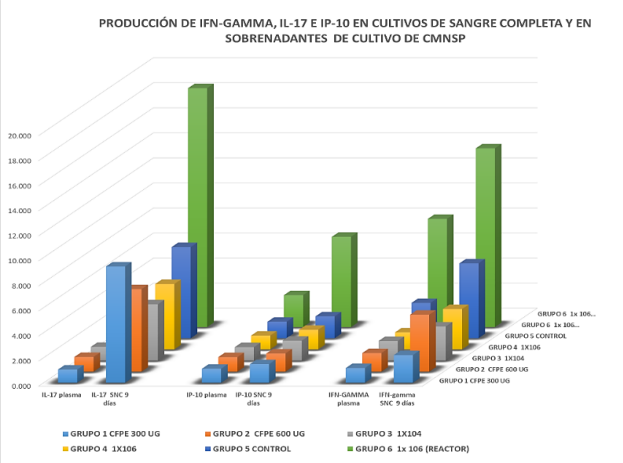


Figura 5. Los valores graficados corresponden al valor promedio de los índices de producción de IFN-γ, IL-17 e IP-10 determinados por ELISA sándwich, resultado de la estimulación antigénica determinados en los plasmas obtenidos de los cultivos de sangre completa, como en los sobrenadantes de cultivo de CMNSP a los 9 días estimulados con el CFPE de M. bovis de los animales de cada grupo; estos valores corresponden a la relación de la densidad óptica obtenida de los cultivos estimulados con el CFPE con aquellas obtenidas en los cultivos sin estimular a los 18 meses *posinmunización*

DISCUSIÓN

En la evaluación de vacunas contra la TB, la cuantificación y seguimiento de la producción de IFN-γ es un parámetro que permite determinar parcialmente, el establecimiento de la inmunidad protectora, en este estudio además de evaluar esta citocina se evaluaron y compararon los niveles de producción de IL-17 e IP-10 en los diferentes grupos inmunizados con BCG, o con el CFPE a diferentes dosis. De acuerdo a estudios de expresión génica estos biomarcadores de inmunidad adaptativa son de utilidad para evaluar el establecimiento de una inmunidad protectora. Las diferentes poblaciones de células T cooperadoras, Th1 y Th17 se han reconocido como las poblaciones celulares efectoras más importantes que median la protección y la patología durante el desarrollo de la tuberculosis bovina [2,3], por lo cual en este estudio de evaluación de vacunas contra la tuberculosis bovina se tuvo interés en analizar la participación de las células Th17 en el establecimiento de una inmunidad protectora y de larga vida en los grupos inmunizados, mediante la cuantificación de la IL-17a y el IFN-γ, principales citocinas producidas por las poblaciones celulares anteriormente referidas, además se evaluó la producción de IP-10, que es una quimiocina de 10 kDa inducible por el IFN-γ, esta proteína se expresa en las células presentadoras de antígeno en respuesta al IFN-γ, que, a través de la unión al receptor CXCR3, dirige la migración de las células T a sitios inflamados, por lo que también se consideró como posible biomarcador de respuesta inmune. Los niveles de producción de las citocinas y quimiocina se evaluaron en sobrenadantes de cultivos de sangre completa y en cultivos CMNSP, obtenida de los animales bajo tratamiento y control. La evaluación de estas moléculas en los diferentes grupos de animales inmunizados con o sin exposición posterior a *M. bovis* reveló que la IL-17 e IP-10 por estimulación *in vitro* con los antígenos específicos del CFPE, además del IFN-γ, podrían discriminar los vacunados con BCG y los animales infectados por *M. bovis*. La evaluación de los biomarcadores analizados en este estudio en los grupos vacunados al año pv, muestra que en los animales vacunados con BCG se estableció una inmunidad protectora que al tiempo evaluado continua sólida, lo cual fue mayormente demostrado en los cultivos prolongados de CMNSP, tiempo que favorece la proliferación y activación de células de memoria efectora. En apoyo a lo anterior, diferentes estudios señalan que la vacuna BCG induce una buena inmunidad contra *M. bovis* en becerros vacunados bajo condiciones de campo, y que es capaz de prevenir la excreción de bacilos; así, teniendo en cuenta que la ruta aérea es la ruta de

transmisión más importante para la tuberculosis bovina, la vacuna BCG reduce el riesgo de contagio entre animales.[9,10,12]. Contrario a lo observado con la vacuna BCG, los grupos inmunizados con el CFPE mostraron una respuesta relativamente menor en la producción de IFN-γ en las primeras semanas p.v., no obstante, en la última evaluación correspondiendo a los 18 meses p.v. la producción de esta citocina fue mayor, sobre todo en el grupo inmunizado con la dosis de 600 µg, estos resultados confirman que pese a que el CFPE contiene proteínas de secreción reconocidas como importantes factores de virulencia e inmunogénicas, no inducen una respuesta celular importante, hecho que confirma observaciones previas en la que se ha empleado este tipo de inmunógeno [7,8]. Por lo anterior, la vacuna BCG-Phipps es una alternativa viable para controlar la TBb en hatos lecheros con altas prevalencias, con la condición previa y determinante de implementar un buen programa de bioseguridad dentro de las unidades de producción lecheras.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal del INIFAP “Evaluación de biomarcadores inmunes asociados a la eficacia vacunal contra la tuberculosis bovina y su efecto comparativo con la mejora del estado sanitario de los hatos”. No. SIGI 142 945 340 13

REFERENCIAS

1. Buddle B M. (2010) Tuberculosis vaccines for cattle: the way forward. Expert. Rev. Vaccines 9, 1121-1124
2. Buddle BM, Parlane NA, Wedlock DN, Heiser A. (2013). Overview of vaccination trials for control of tuberculosis in cattle, wildlife and humans. Transboundary and Emerging Diseases. 60 (Suppl. 1):136–146
3. Buddle B.M, Vordermeier H.M, Chambers M.A. & de Klerk-Lorist L.M. (2018). Efficacy and safety of BCG vaccine for control of tuberculosis in domestic livestock and wildlife. Front. Vet. Sci., 5 (Art 259).
4. Buddle BM, Wedlock N, Denis M, Skinner MA. (2005). Identification of immune response correlates for protection against bovine tuberculosis. Vet Immunol Immunopathol. 108:45-51.
5. Clavijo AM, Rolo de M, Alfaro C, Corso M. Todo lo que usted debe saber sobre la tuberculosis bovina. Revista Digital CENIAP HOY 2004, Número Especial Maracay, Aragua, Venezuela.
6. Conlan Andrew J.K., Pollock Ellen Brooks, McKinley T Revelyan J., Mitchell Andrew P., Gareth J. Vordermeier J.M. 2015. Potential benefits of cattle vaccination as a supplementary control for bovine tuberculosis. PLoS Computational Biology, vol. 11, no. 2, 2015.
7. Cruz-Fierro, M., Jaramillo-Meza, L., Espitia-Pinzón, C. I., Pérez-González, R., Manzo-Sandoval, A., & Díaz-Otero, F. (2020). Evaluación experimental de vacuna BCG y extracto proteico en bovinos, vía expresión de citocinas. Spei Domus, 16(1), 1–27.
8. Díaz-Otero F, Padilla J, Jaramillo L, González D, Arriaga C. (2008). Evaluation of BCG vaccine and *Mycobacterium bovis* culture filtrate proteins against bovine tuberculosis. Ann N Y Acad Sci. 1149:306-8.
9. Hope C, Thom ML, Mc Aulay M, Mead E, Vordermeier MH, et al. (2011) Identification of surrogates and correlates of protection in protective immunity against *Mycobacterium bovis* infection induced in neonatal calves by vaccination with *M. bovis* BCG Pasteur and *M. bovis* BCG Danish. Clin. Vaccine Immunol. 18:373-379.
10. Ottenhoff THM, Kaufmann SHE. 2012. Vaccines against tuberculosis: Where are we and where do, we need to go? PLoS Pathog. 8: e1002607.
11. Parlane NA, Buddle BM. (2015). Immunity and Vaccination against Tuberculosis in Cattle. Curr Clin Micro Rpt. 2:44-53.
12. Quevillon Eve-Lyne., Díaz-Otero F., Jaramillo Meza L., Gutierréz-Pabello J.A., Castañeda F.A., Arriaga-Díaz C., González-González X.E., Lascurain Ledesma R. 2017. Assessment

of the immune response induced in neonatal calves by vaccination with *Mycobacterium bovis* BCG Phipps under field conditions. J Vet. Health Care. 1(1)47-61

DISEÑO DE PANELES MULTICOLOR PARA EL ESTUDIO DE SUBPOBLACIONES DE LINFOCITOS T EN BOVINOS TUBERCULOSOS

[1]Manzo S.A., [1]Díaz O.F., [*]*Jaramillo M.L., [1]Diosdado V.F., [2]Olguín A.R., [3]Sánchez T.L.

[1]CENID-Salud Animal e Inocuidad-INIFAP, [2]IIB-UNAM, [3]ENCB-IPN

RESUMEN

El conocimiento de la participación de las diferentes poblaciones celulares en la participación de la inmunidad frente a *Mycobacterium bovis* es crucial, no sólo para lograr un mejor entendimiento en su patología, sino también para el desarrollo de los instrumentos básicos que coadyuven en la erradicación de la enfermedad. Por lo que el propósito de este trabajo, fue implementar y aplicar dos paneles multicolor para identificar las diferentes subpoblaciones de linfocitos T, grado de activación de las células y la memoria inmunológica en becerras infectadas por *M. bovis*. Para lo cual, se seleccionaron diez becerras Holstein-Friesian de seis meses de edad de un hato lechero situado en el estado de Hidalgo, México. Cinco de las becerras con positividad a la prueba de tuberculina cervical comparativa, ensayos de liberación de IFN-γ y ELISA, y cinco becerras negativas a las pruebas diagnósticas. De ambos grupos de becerras se obtuvieron muestras de sangre heparinizada para separación de células mononucleares (CMN) por gradiente de Ficoll, las cuales ajustaron a una concentración de 1x 10^6 células/ml, y distribuyeron en placas de 48 pozos a razón de 1.5 ml/pozo, considerando dos pozos por animal, uno de los cuales se estimuló con un extracto proteico del filtrado de cultivo (EPFC) de *M. bovis* y el otro quedó como control sin estimular. Se realizaron réplicas de los cultivos considerando dos periodos de incubación para tres y 9 días. Los cultivos de tres días se tiñeron con un primer panel de anticuerpos monoclonales (Acm) que reconocen los antígenos bovinos CD45, CD4, CD8 y CD25, incluyendo un Acm anti CD3 humano de reactividad cruzada con el CD3 bovino. Los cultivos de CMN incubados durante nueve días se tiñeron con el panel 2, que incluía los Acm, anti-CD3, CD4, CD8, CD25 y CD45RO. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA unidireccional de Kruskal-Wallis. Ambos paneles detectaron diferencias en las subpoblaciones de células T entre becerras positivas y negativas a la prueba de la tuberculina; de igual modo, existieron diferencias en la expresión de CD25 y CD45RO entre ambos grupos tras la estimulación con el EPFC de *M. bovis*, las cuales fueron evidentemente mayores en los cultivos de CMN de nueve días, como resultado de una mayor activación y proliferación de las poblaciones celulares de memoria efectora. Así, estos paneles muestran su utilidad para investigaciones orientadas a determinar la eficacia de vacunas de interés, o para hacer un seguimiento de las poblaciones celulares durante el curso de una infección, como aquí se presenta.

INTRODUCCIÓN

La inmunidad hacia la tuberculosis bovina es básicamente de tipo celular, implicando una serie compleja de interacciones entre varias poblaciones celulares, que tienen como finalidad controlar y mantener la infección, así como prevenir al hospedero de posibles reactivaciones. Dentro de estas poblaciones celulares, los linfocitos Th CD4+ o linfocitos T cooperadores juegan un papel central en la protección mediante la producción de citocinas como: la interleucina 2 (IL-2) y el interferón gamma (IFN-γ) [3,8]. Esta última parece ser la molécula efectora más crítica, para la activación del macrófago, debido a que media su efecto protector principalmente por la inducción de intermediarios reactivos del oxígeno y nitrógeno, necesarios para la destrucción de las micobacterias intracelulares. Aunado a ello, los linfocitos T CD8, pueden inducir actividad tuberculostática en macrófagos infectados, debido a que durante el proceso de lisis vía exocitosis o liberación granulocítica liberan moléculas efectoras que directamente destruyen a las micobacterias intracelulares [4,8]. Así pues, la inmunidad mediada por células realiza dos tipos de acciones principales: destruye los microorganismos fagocitados luego de la activación de los macrófagos por las citocinas derivadas de los linfocitos T, y

[*] Jaramillo Meza Laura, CENID-Salud Animal e Inocuidad del Departamento de Inmunología. Carretera México-Toluca, Km. 15.5 Col. Palo Alto, 05110, México, DF. E-mail: jaramillo_meza@yahoo.com.mx

la lisis de las células infectadas por los linfocitos T citotóxicos CD8 [5,8]. Los programas de erradicación de la enfermedad a nivel mundial fundamentan su estrategia de control en la medición de la respuesta inmune mediante las pruebas intradérmicas de tuberculina y cuantificación de interferón-gamma. Sin embargo, tratándose de una enfermedad consuntiva crónica, existen diferentes patrones de respuesta inmune acorde a su desarrollo, cada uno de ellos caracterizados por respuestas exclusivamente celulares, humorales o mixtas, llegando hasta la no respuesta o anergia que se presenta en los estados avanzados de la enfermedad, lo cual se demuestra por los resultados a las pruebas diagnósticas empleadas que revelan, bien sea, una reacción de hipersensibilidad tipo IV hacia el PPD bovino, niveles de producción IFN-γ significativos o presencia de anticuerpos específicos [4]. La evaluación de estas poblaciones celulares en las diferentes etapas del desarrollo de la enfermedad abre diferentes ventanas para tener un mayor conocimiento sobre la patología de la enfermedad y sus implicaciones diagnósticas, es así que con ayuda de la citometría de flujo es posible analizar y monitorear la participación de las diferentes subpoblaciones de linfocitos T en el progreso de la enfermedad; sin embargo, en el área veterinaria, su uso ha sido limitado debido a la reducida disponibilidad de anticuerpos conjugados con fluorocromos que reconozcan los diferentes clústeres de diferenciación de linfocitos T. Por lo que el propósito de este trabajo, fue implementar y aplicar dos paneles multicolor para identificar las diferentes subpoblaciones de linfocitos T, grado de activación de las células y la memoria inmunológica en becerras infectadas por *Mycobacterium bovis*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Se seleccionaron diez becerras Holstein-Friesian de seis meses de edad de un hato lechero situado en el estado de Hidalgo, México. Cinco de las becerras positivas a la prueba de tuberculina cervical comparativa, ensayos de liberación de IFN-γ y ELISA, y cinco becerras completamente negativas a las pruebas diagnósticas anteriormente mencionadas. De las cuales se tomaron muestras de sangre periférica en tubos vacutainer conteniendo heparina como anticoagulante para la separación de células mononucleares (CMN) por gradiente de Ficoll-Paque^{TM} PLUS.

Cultivo de células mononucleares

Una vez separadas las CMN se ajustaron en medio de cultivo RPMI 1640 suplementado con 10% de suero fetal bovino a una concentración de 1x 10^6 células/ml, y distribuyeron en placas de 48 pozos a razón de 1.5 ml/pozo, considerando dos pozos por animal, uno de los cuales se estimuló con un extracto proteico del filtrado de cultivo (EPFC) de *M. bovis* y el otro quedó como control sin estimular. Se realizaron réplicas de los cultivos considerando dos periodos de incubación para tres y 9 días por evento. Las placas se incubaron a 37 °C en una atmósfera enriquecida al 5% de CO^2 y 90% de humedad.

Obtención del extracto proteico del Filtrado de Cultivo de Mycobacterium bovis

La cepa AN5 de *M. bovis* se cultivó en medio líquido de Dorset-Henley, por ocho semanas al término, los cultivos se filtraron para obtener un medio libre de bacterias. Posteriormente, las proteínas presentes en el filtrado se precipitaron con sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$) a una saturación final del 80%, con agitación constante a 4°C por 24 horas, el precipitado resultante se centrifugó a 15 000 g por 1 hora, posteriormente se re-suspendió en solución amortiguadora de fosfatos (PBS) pH 7.4 y dializo exhaustivamente contra H_2O y PBS. El material así obtenido se denominó, extracto proteico de filtrado de cultivo (CFPE), la concentración de proteína del CFPE se determinó por el método de Bradford.

Anticuerpos Monoclonales empleados

Se diseñaron dos paneles multicolor para identificar las poblaciones celulares de interés, para lo cual se emplearon los siguientes anticuerpos monoclonales dirigidos a: al antígeno común leucocitario (CD45+), linfocitos T (CD3+), linfocitos T colaboradores (CD4+), linfocitos T citotóxicos (CD8+),

linfocitos T activados (CD25+) y células de memoria (CD45RO+). Los anticuerpos empleados para el análisis de las poblaciones celulares se enlistan en el Cuadro 1.

Tinción de células para citometría de flujo

Para cada panel, las células de cada uno de los pozos de los cultivos estimulados y sin estimular fueron colocadas en un tubo eppendorf previamente identificado.

Los cultivos de PBMC de tres días se tiñeron con el panel 1 utilizando los Acm dirigidos a los antígenos bovinos CD45, CD4, CD8 y CD25. Se incluyó un mAb anti CD3 humano de reactividad cruzada con el bovino.

Los cultivos de PBMC incubados durante nueve días se tiñeron con el panel 2, que incluía mAbs anti-CD3, CD4, CD8, CD25 y CD45RO. Todos los anticuerpos se sometieron a titulación previa para determinar las concentraciones óptimas de trabajo.

Cuadro 1. ANTICUERPOS MONOCLONALES Y FLUOROCROMOS UTILIZADOS EN LOS PANELES MULTICOLOR

Especificidad del Ac monoclonal	Clona	Isotipo	Fluorocromo conjugad
[1] CD45 bovino	CC1	IgG1 de ratón	Isotiocianato de fluoresceí (FITC)
[1] CD3 humano	CD3-12	IgG1 de rata	Azul pacífico
[1,2] CD4 bovino	CC8	IgG2a de ratón	Alexa Fluor 647
[1,2] CD8 bovino	CC63	IgG2a de ratón	No conjugado
[1,2] CD25 bovino	IL-A111	IgG1 de ratón	Ficoeritrina (RPE)
[2] CD3 bovino	MM1A	IgG1 de ratón	No conjugado
[2] CD45RO bovino	GC42A1	IgG1 de ratón	No conjugado
[1,2] IgG2a ratón	344701	IgG1 de rata	Peridina clorofila proteína cianina (PerCP)
[2] IgG1 ratón	NA	IgG polyclonal de cabra	FITC
[1] IgG1 ratón	RMG1-1	IgG de rata	Violeta brillante 421
	[1]PANEL 1	**[2] PANEL 2**	

Cada panel incluyó un control sin teñir, controles de compensación (CC) y controles de fluorescencia menos uno (FMO). Los FMO se utilizaron para las posiciones correctas de los cuadrantes de las moléculas CD25 y CD45RO. Se utilizó el citómetro de flujo CytoFLEX "S" (Beckman Coulter), equipado con un conjunto de cuatro láseres y filtros: Láser UV (375 nm): 450/40, 660/20; Láser violeta (405 nm): 450/50, 525/50, 610/20; Láser azul (488 nm): 525/40, 585/42, 610/20, 690/50, 780/60; Láser rojo (638 nm): 660/20, 712/25, 780/60 se utilizó para recoger al menos 10.000 eventos en singlets gate. Los datos se analizaron con el software FlowJo v.10.8.1 (Becton Dickinson). Las células se clasificaron en función de la altura de dispersión frontal (FSC-H) frente al área de dispersión frontal (FSC-A) para excluir los dobletes. Para cada subconjunto de linfocitos, se aplicó una estrategia de gating específica. La evaluación del panel multicolor incluyó la construcción progresiva del panel y la fluorescencia menos uno (FMO). De igual manera, la FMO determinada para cada parámetro evaluado no mostró disminución de la sensibilidad de los conjugados, como tampoco señales de fluorescencia en los canales para los cuales no fue adicionado el conjugado.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA unidireccional de Kruskal-Wallis, y para evaluar las diferencias entre los cultivos de 3 y 9 días se utilizó el análisis de varianza por rangos de Mann-Whitney.

RESULTADOS

El panel 1, que se utilizó en los cultivos de 3 días, mostró una proporción de linfocitos T (CD3) en el rango de entre el 82 y el 90% en los cultivos de becerras tuberculosas y becerras sanas tanto en los cultivos estimulados y sin estimular sin diferencias notables entre grupos. Tampoco se observaron diferencias significativas en la población CD4+ para ambos grupos. El número de células CD8+ y CD4+CD25+ en las becerras tuberculosas fue mayor tras la estimulación con CFPE, aunque no fue significativo. No obstante, si existieron diferencias significativas en la población activada CD8+CD25+ en los cultivos de CMN de las becerras infectadas luego del estímulo antigénico en comparación con el control sin estimular ($p < 0,05$), Figura 1.

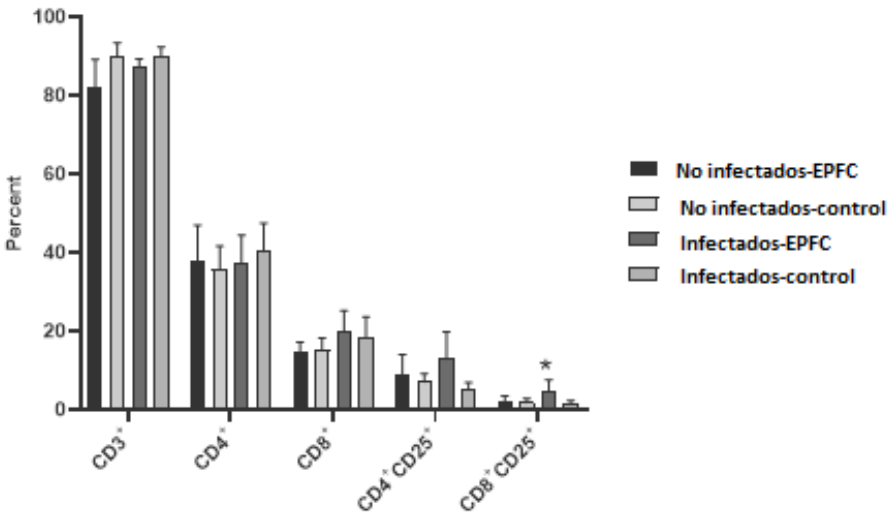


Figura 1. Subpoblaciones de linfocitos T identificadas con el Panel 1 en cultivos de CMN obtenidas de becerras tuberculosas y de becerras sanas estimulados con un extracto de cultivo de *M. bovis*. Las células se cultivaron por tres días. *$p < 0.05$.

Con el panel 2, que se utilizó para evaluar las subpoblaciones de linfocitos T en los cultivos de CMN a los 9 días de la estimulación antigénica, no se observaron diferencias estadísticas en las poblaciones CD3 +, CD4+, CD8+, CD8+CD25+ y CD8+CD45RO+ entre grupos. Sin embargo, si existieron diferencias en el porcentaje de células CD4+CD25+ (37%) activadas en el grupo infectado ($p < 0,001$). Al igual que, para las células CD4+CD45RO+ de memoria ($p < 0,01$).

Los porcentajes de subpoblaciones de linfocitos a los 3 y 9 días de cultivo también fueron diferentes; las células CD4+CD25+ activadas disminuyeron significativamente ($p < 0,001$) en las becerras no infectadas. Por el contrario, en las células estimuladas de los animales infectados, se observó un aumento en el porcentaje células CD4+ activadas (37,1%) $p < 0,05$.

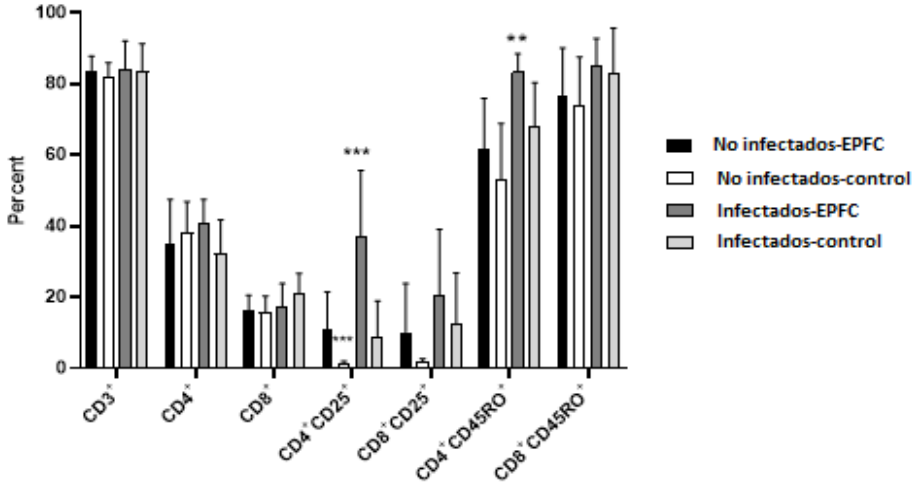


Figura 2. Subpoblaciones de linfocitos T identificadas con el Panel 2 en los cultivos de CMN obtenidas de becerras infectadas por *M. bovis* y no infectadas. Las células se cultivaron durante nueve días. **p < 0,01; ***p < 0,001.

DISCUSIÓN

Una de las principales aplicaciones de la citometría de flujo es la inmunofenotipificación o identificación de poblaciones y subpoblaciones celulares basándose en la expresión intracelular o superficial específica de las moléculas de interés. En este trabajo, se determinaron las subpoblaciones de células T en cultivos de células mononucleares de becerras de alrededor de seis meses de edad, aplicando dos paneles multicolor con 5 distintos fluorocromos cada uno. Desafortunadamente, la mayoría de los mAbs comerciales que reconocen antígenos bovinos no están conjugados con fluorocromos o sólo están conjugados con FITC, PE o AF647. Para ampliar un panel, la estrategia más común es utilizar anticuerpos secundarios conjugados o anticuerpos reactivos entre especies, específicamente aquellos que reconocen grupos de diferenciación humanos y reaccionan de forma cruzada con otras especies animales[6]. En cuanto a los anticuerpos reactivos entre especies, en el panel 1 utilizamos el anticuerpo anti CD3 humano (clon CD3-12), que se ha utilizado para identificar células T en otras especies mamíferas. Este anticuerpo reconoce un péptido altamente conservado dentro de la porción citoplasmática de la cadena CD3ε. El porcentaje de linfocitos T detectados con el anticuerpo anti CD3 humano en los cultivos de CMN provenientes de becerras infectadas por *M. bovis* y sin infectar, se estimó entre el 82-90%, no apreciándose diferencia entre grupos. En relación a la proporción de células CD4+ en becerras Holstein de hasta 6 meses de edad se ha informado en un rango del 20-35% [2,7]. En este trabajo utilizando ambos paneles se determinó un rango del 32-40% tanto en las células estimuladas como en las no estimuladas de bovinos infectados y no infectados, permaneciendo estable a los 3 y 9 días. Estudios realizados para determinar las poblaciones celulares inmunes en bovinos infectados con *M. bovis*, han mostrado que las células CD4+ y γδ TCR+ son predominantes en la respuesta inmune [2,7], lo cual no se refleja en esta evaluación. Con respecto a la estimación de la población CD8+ se determinaron porcentajes mayores para el grupo infectado en ambos tiempos de cultivo (a los 3 y 9

días), sin ser estadísticamente significativos. No obstante, la proporción de células citotóxicas activadas (CD8+CD25+) en los cultivos de CMN de los animales infectados, fue significativamente diferente en los cultivos de 3 y 9 días. El receptor de IL-2 (CD25), interviene en la activación y la función reguladora de los linfocitos, así como en la división y proliferación de las células T de memoria. Las poblaciones de memoria montan respuestas inmunitarias rápidas; los marcadores de memoria convencionales CD45RO y CD45RA se utilizan para detectar células T de memoria en humanos y ganado[9]. Las células de memoria CD4+CD45RO+ y CD8+CD45RO+ se midieron tras nueve días de cultivo; informes anteriores indican diferencias en esta población a partir del sexto día de estimulación. Los animales positivos a la tuberculina mostraron una proporción del 83% en células CD4+CD45RO+ y del 85% en células CD8+CD45RO+ tras la estimulación. Se ha informado de que la proporción de células CD45RO+ en bovinos cruzados infectados con *M. bovis* y estimulados con PPD bovina tras seis días en cultivo es del 70% para CD4+CD45RO+ y del 40% para CD8+CD45RO. Un subconjunto CD3+CD4-CD8- fue evidente con el uso de ambos paneles multicolor, de acuerdo con el fenotipo y el porcentaje mostraron que estas podrían ser células T γδ [1,10]. Las células T γδ representan entre el 15 y el 60% de los linfocitos circulantes en el sistema bovino y se conocen como células innatas[11]. Esta población celular participa en la citotoxicidad directa, así como en la presentación de antígenos y produce IL-17 e IFN-γ para atraer neutrófilos y activar macrófagos[10]. Los objetivos iniciales de este estudio no contemplaban la identificación de estas células. Sin embargo, teniendo en cuenta que son factores clave en la patología de la tuberculosis bovina y desempeñan un papel crucial en la formación de granulomas, se contempla su evaluación en estudios posteriores a fin de definir su participación en la resistencia a la enfermedad.

REFERENCIAS

1. Baldwin CL, Damani-Yokota P, Yirsaw A, Loonie K, Teixeira A F, Gillespie A. 2021. Special features of ©™ T cells in ruminants. Mol Immunol.134, 161-9
2. Blanco FC, Gravisaco MJ, Bigi MM, García EA, Marquez C, McNeil M, Jackson M, Bigi F.2021. Identifying bacterial and host factors involved in the interaction of *Mycobacterium bovis* with the bovine innate immune cells. Front Immunol. Jul 15;12:674643.
3. Cassidy JP, Martineau AR.2014. Innate resistance to tuberculosis in man, cattle and laboratory animal models: nipping disease in the bud? J Comp Pathol. 151:291–308.
4. Díaz OF, Jaramillo ML. 2010. Tuberculosis bovina: respuesta inmunitaria, patogenia, e implicaciones diagnósticas. CENID-Microbiología, INIFAP: México. 37-48.
5. Hogg AE, Parsons, K.; Taylor, G.; Worth, A.; Beverley, P.; Howard, C.J.; Villarreal-Ramos, B. Characterization of age-related changes in bovine CD8+ T-cells. Vet. Immunol. Immunopathol. 2011, 140, 47-54.
6. Jacobsen, C.N.; Aasted, B.; Broe, M.K.; Petersen, J.L. Reactivities of 20 anti-human monoclonal antibodies with leucocytes from ten different animal species. Vet. Immunol. Immunopathol. 1993, 39, 461-466.
7. Lewinsohn DM, Lewinsohn DA. New Concepts in Tuberculosis Host Defense. Clin Chest Med. 2019 Dec;40(4):703-719.
8. MacLean E, Broger T, Yerliyaka S, Fernandez-Carballo BL, Pai M, Denkinger CM. 2019.A systematic review of biomarkers to detect active tuberculosis. Nat Microbiol. 4:748–58.
9. Maggioli, MF, Palmer MV, Thacker TC, Vordermeier HM, Waters, W.R. 2015. Characterization of effector and memory T cell subsets in the immune response to bovine tuberculosis in cattle. PLOS ONE. 2015, 10, e0122571.
10. Steinbach S, Vordermeier HM, Jones GJ. CD4+ and ©™ T Cells are the main producers of IL-22 and IL-17A in lymphocytes from Mycobacterium bovis-infected cattle. Sci Rep (2016)
11. Telfer, J.C, Baldwin, C.L. 2015. Bovine gamma delta T cells and the function of gamma delta T cell specifc WC1 co-receptors. *Cell Immunol*. 296, 76–86.

CARACTERIZACIÓN DE CEPAS DE *Lactobacillus* spp. COMO PROBIÓTICOS PARA HEMBRAS DE REEMPLAZO

Rojas-Anaya E.[1*], Zelaya-Molina L.X. [1], Reyes-Leos J.R.[2], Ruvalcaba-Gómez M.[1], Villaseñor-González F.[3], Salas-Morán M.[2], Arteaga Garibay R.I.[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP. [2]Independiente. [3]CE. Centro Altos de Jalisco, INIFAP.

Palabras clave: bovinos, probióticos, *Lactobacillus*.

INTRODUCCIÓN

Aunque a la fecha México continúa siendo uno de los principales productores de leche a nivel mundial, existen algunos retos que deberán ser superados con la finalidad de contribuir a la suficiencia alimentaria mediante esta importante fuente de proteína. Los productores de leche de ganado bovino se enfrentan con diversas problemáticas en la producción como no contar con suficientes hembras de reemplazo para producción de leche, aunque las razones son muchas una de ellas es que no son alimentadas apropiadamente, por lo tanto, el rumen no tiene un desarrollo adecuado para el aprovechamiento de los nutrientes. Una alternativa para mejorar estas condiciones es el uso de probióticos como bacterias ácido lácticas (BAL) que son especialmente utilizadas como complemento alimenticio, aumentar el crecimiento en el ganado y prevenir enfermedades en las hembras (Fernández y col., 2018; Pellegrino y col., 2019; Sharma y col., 2017). Se considera que las cepas de *Lactobacillus* más adecuadas como probióticos, son aquellas capaces de soportar el estrés del sistema digestivo, esto es, aisladas a partir de heces fecales. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar como probióticos potenciales cepas de *Lactobacillus* aisladas de estiércol bovino de granjas productoras de leche de la región Altos sur del estado de Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El aislamiento presuntivo de cepas de BAL se realizó en medio MRS a partir de 89 muestras de estiércol fresco de ganado bovino de raza Holstein de tres granjas productoras de leche de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. A las cepas seleccionadas, por sus características morfológicas, como BAL presuntivas se les realizó tinción Gram, para seleccionar cepas Gram positivos, las cuales se almacenaron en glicerol a -80°C.

Las cepas BAL presuntivas se sometieron a cinéticas de crecimiento en caldo MRS a diferente pH, temperatura, resistencia a sales biliares, resistencia a estrés osmótico; así como a pruebas de adhesión a mucina, inhibición del crecimiento a patógenos y resistencia a antibióticos (ampicilina y penicilina).

A partir de las cepas con el mejor perfil de crecimiento y resistencia en las evaluaciones previas, con cultivos de 48 h, se extrajo DNA genómico para identificación del gen 16S rRNA mediante el análisis utilizando los iniciadores universales 27f-1492R. El árbol filogenético se construyó con el método de máxima verosimilitud en Mega X con 1000 repeticiones bootstrap.

Aquellas cepas que tuvieron el mejor perfil probiótico fueron identificadas a nivel de especie, se realizó tipificación por secuenciación sobre el gen pheS (subunidad A de la fenilalanina-tRNA sintasa) para *Lactobacillus* con los iniciadores reportados por Archer & Halami (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las muestras de estiércol se obtuvieron 97 morfotipos con características de BAL. La evaluación fenotípica de las cinéticas de crecimiento de pH, temperatura, resistencia a sales biliares, estrés

[*] Boulevard de la Biodiversidad 400. Rancho Las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. CP. 4700. edith_ra23@hotmail.com.

osmótico, y las pruebas de adhesión a mucina, inhibición del crecimiento de patógenos, y resistencia a antibióticos (ampicilina y penicilina), permitió seleccionar a las cepas B6y y B6z idóneas para ser consideradas como probióticos B6y y B6z (*Limosilactobacillus fermentum*, antes *Lactobacillus fermentum*). Lo anterior, ya que crecieron en todas las condiciones de las cinéticas de crecimiento, presentan adhesión a mucina, e inhibir el crecimiento de *E. coli* ATCC 25922 y *L. monocytogenes* ATCC 19115.

Mediante el análisis filogenético del gen 16S rRNA, las cepas B6y y B6z se identificaron como miembros de la especie *Lactobacillus fermentum* Beijerinck, emend. Dellaglio, una especie del grupo de *Lactobacillus reuteri*, que es heterofermentativa obligada, y que se ha reportada previamente con cepas probióticas, que a la vez tienen propiedades antimicrobianas y efecto fisiológico antioxidativos que promueve la salud al ingerirse. Esa especie también se ha encontrado en la microbiota asociada a quesos como el Caciocavallo Silano, un queso duro 'pasta filata' y el queso Parmigiano Reggiano.

Para la identificación de especie, en el caso de *Lactobacillus* B6y y B6z presentan porcentajes de similitud del 99.87 y 99.74% con IFO 3956 y 99.74 y 99.61% (respectivamente) con DSM 20052 y B1 28 (datos del NCBI-NLM, Bethesda, MD, USA). Aunque se planteó el uso de las secuencias de pheS y rpoA para la asignación de especie a las cepas de *Lactobacillus,* las secuencias resultantes con estos primers son ambas sobre el gen pheS. El par de primers pheS-F/R dio una secuencia útil de aproximadamente 400 pb y que se encontraba incluida en la secuencia útil producida por los primers rpoA-F/R de aproximadamente 770 pb; debido a ello, solo se utilizó la secuencia producida por los primers rpoA-F/R para la tipificación a nivel de especie (Fig. 1).

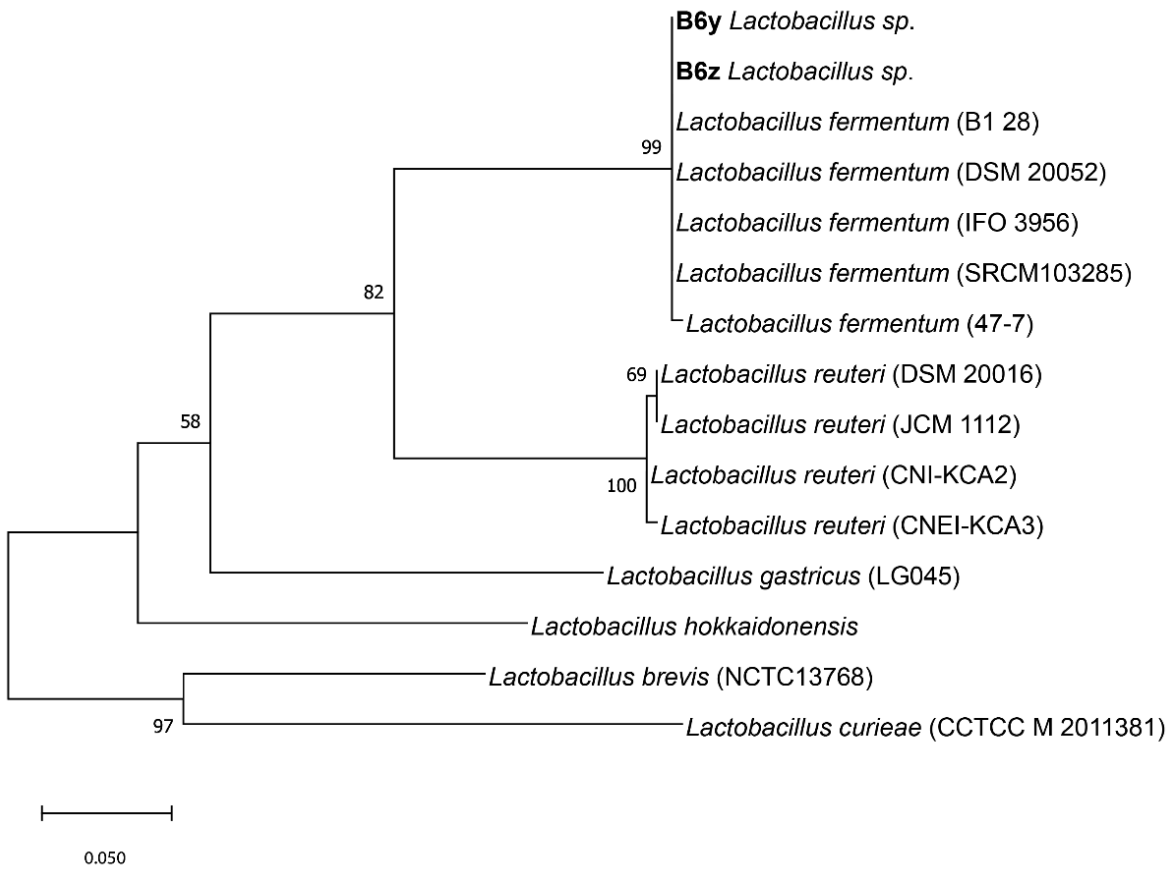


Figura 1. Dendograma de la relación filogenética entre las cepas de *Lactobacillus* en base a la secuencia de *pheS*.

CONCLUSIONES

El estudio fue capaz de identificar y caracterizar dos cepas como probióticos potenciales, e identificaron cepas de *Limosilactobacillus fermentum* aisladas de estiércol bovino de vacas productoras de leche de la región Altos sur del estado de Jalisco. Presentan buena capacidad para colonizar el tracto gastrointestinal y son idóneas para ser consideras como probióticos potenciales para hembras de remplazo de ganado bovino lechero; ya que presuntivamente son inocuas al no presentar actividad hemolítica ni resistencia a antimicrobianos.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTES FINANCIERA

Este trabajo fue financiado por el proyecto INIFAP 1034034810-Uso de lactobacilos como probiótico en bovinos, una alternativa para mejorar la calidad de hembras de reemplazo.

LITERATURA CITADA

1. Archer, A. C., Halami, P. M., 2015. Probiotic attributes of Lactobacillus fermentum isolated from human feces and dairy products. Applied Microbiology and Biotechnology 99, 8113-8123.
2. Fernández S, Fraga M, Silveyra E, Trombert AN, Rabaza A, Pla M, Zunino P. 2018. Probiotic properties of native *Lactobacillus* spp. strains for dairy calves. Benef Microbes; 9:613-624.
3. Pellegrino MS, Frola ID, Natanael B, Gobelli D, Nader-Macias ME, Bogni CI. 2019. *In vitro* characterization of lactic acid bacteria isolated from bovine milk as potential probiotic strains to prevent bovine mastitis. Probiotics Antimicro; 11:74-84.
4. Sharma K, Mahajan R, Attri S, Goel G. 2017. Selection of indigenous *Lactobacillus paracasei* CD 4 and *Lactobacillus gastricus* BTM 7 as probiotic: assessment of traits combined with principal component analysis. J Appl Microbiol; 122: 1310-1320.
5. Torriani S, Felis GE, Dellaglio F. 2001. Differentiation of *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, and *L. paraplantarum* by *recA* gene sequence analysis and multiplex PCR assay with *recA* gene-derived primers. App Environ Microbiol; 67:3450-3454.

LA VIRÓMICA COMO HERRAMIENTA IDENTIFICACIÓN DE GENOMAS VIRALES EN CABRAS DE TRASPATIO.

Aragón-Magadán M.A.[1], Edith Rojas-Anaya E.[1*], Loza-Rubio E[2], Gutiérrez-Hernández J.L.[2], Efrén Díaz-Aparicio E.[2]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), INIFAP; [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI)

Palabras clave: virus, virómica, pequeños rumiantes.

INTRODUCCIÓN

México posee varias especies domésticas las cuales son mantenidas en diversos sistemas de producción, dependiendo de factores ambientales y económico-sociales. En el caso de los caprinos y ovinos, son un claro ejemplo de los múltiples entornos de cría que existen en México, que van desde densidades altas y estabuladas, hasta la crianza de libre "pastoreo". Por lo que se dan las condiciones medio ambientales para estar expuestos a diferentes agentes infecciosos. Sin embargo, hay pocos informes a nivel mundial de la presencia de virus en estos animales a nivel de producciones familiares. Debido a lo anterior y a que la producción de esta especie para condiciones de autoabasto es importante en la población mexicana, el objetivo de este trabajo fue identificar por secuenciación masiva los virus presentes en hisopos rectales, orales y nasofaríngeos de cabras en diferentes regiones de México con la finalidad de conocer los agentes infecciosos a los cuales están expuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Se tomaron 38 muestras de cabras criollas de regiones poco tecnificadas de sistemas familiares de producción. Se obtuvieron hisopados rectales, prepuciales, vaginales, orales y nasofaríngeos de cabras adultas tanto machos como hembras de los siguientes Estados de la República Mexicana: de Oaxaca (10), Estado de México (30), Tlaxcala (9) y Puebla (8). Las muestras se mantuvieron en medio de transporte desde el lugar de la toma hasta el laboratorio en refrigeración.
Extracción del material genético. La extracción del hisopado se llevó a cabo con el kit comercial Purelink viral RNA/DNA (Invitrogen, USA), siguiendo las instrucciones del fabricante con algunas modificaciones partiendo de 200 µl de muestra. Los ácidos nucleicos obtenidos se almacenaron a -80 ºC hasta su uso. Con la finalidad de poder identificar tanto virus ADN como ARN, a partir del ARN se sintetizó ADN complementario se generaron las bibliotecas y se secuenciaron. El protocolo de secuenciación se realizó de acuerdo con las instrucciones del fabricante en un sistema Miseq (Illumina) con 2x250 ciclos.
Análisis bioinformático. Con el fin de obtener genomas virales de los datos de secuenciación masiva se construyó una base de datos personalizada de virus. Para ello se descargaron todas las secuencias virales de referencia asociados a vertebrados del *Viral genome browser* del NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/viruses/). Las librerías obtenidas de la secuenciación se limpiaron de adaptadores y secuencias de mala calidad (*qscore* menor a 20) con el programa fastp. Las librerías limpias fueron alineadas por Bowtie2 contra la base de datos de virus, con los parámetros –fast-local y -N 1, para permitir flexibilidad en el alineamiento; y –al-conc, para descartar las lecturas que no se alinearon contra la base de datos de referencia. Los resultados de bowtie2 fueron ensamblados por el programa Spades. Los contigs recuperados fueron comparados por medio de BLAST contra la base de datos viral con un valor de evalue de 1e-6. Las secuencias putativas de virus se procesaron con el programa ContigExtender (Deng y Delwart, 2021). Finalmente, las secuencias recuperadas fueron comparadas nuevamente mediante BLAST contra la base de datos viral con un valor de *evalue* de 1e-6 con el fin de asignar identidad taxonómica.

[*] Boulevard de la Biodiversidad 400. Rancho Las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco. CP. 4700. edith_ra23@hotmail.com.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, solo fue posible obtener información de la secuenciación masiva de las muestras procedentes de hisopados orales (HO), prepuciales (HP) y rectales (HR) El ensamble de las librerías después del filtrado de lecturas con bowtie2 dieron como resultados 329 contigs, 125 contigs y 268 contigs respectivamente. Después de ser filtrados por BLAST se recuperaron 18 secuencias putativas de virus para la muestra HO con longitudes entre 90-851 pb, 3 para la muestra HP con longitudes entre 330-362 pb, y ninguna para la muestra HR, esta última al no contener secuencias virales fue descartada para análisis posteriores.

Con el programa ContigExtender fue posible aumentar el tamaño de las secuencias de las muestras, las cuales finalizaron con longitudes entre 347-1784 pb para HO y 364-706 pb para HR. En ninguna de las muestras fue posible recuperar genomas completos, esto puede ser efecto de la secuenciación del metagenoma por shotgun que en muchos casos no es capaz de recuperar genomas íntegros (Tamames y Puente-Sánchez, 2019).

La identificación taxonómica por BLAST determino que las secuencias virales recuperadas de la muestra HO corresponden a los virus Enzootic nasal tumor virus y Jaagsiekte sheep retrovirus. Para la muestra HP las secuencias recuperadas corresponden a los virus Enzootic nasal tumor virus y Jaagsiekte sheep retrovirus. En los cuadros 1 y 2, se muestran los valores del BLAST por secuencia. Porcentajes de identidad superiores al 30 %, *e*value inferiores a 0.001 y *bitscore* superiores a 50 son indicativos que las secuencias son homologas (Pearson, 2013). En todos los casos se cumplen estos tres indicativos, por lo que las secuencias recuperadas pertenecen a secuencias virales. Respecto a los resultados presentados en las muestras de HP, este trabajo no sugiere que el virus tenga implicaciones venéreas, estos resultados pueden ser debido al comportamiento de acicalamiento de los machos y por tanto un virus que está presente en cavidad oral pudo alojarse de manera transitoria en la zona prepucial cuando la muestra fue tomada.

ID	Referencia	Long(pb)	Ident. (%)	Cobert. (%)
Seq1	Ovine enzootic nasal tumour virus	851	93.684	100
Seq3	Jaagsiekte sheep retrovirus	860	88.222	100
Seq4	Jaagsiekte sheep retrovirus	864	92.661	54
Seq5	Jaagsiekte sheep retrovirus	742	86.081	98
Seq6	Enzootic nasal tumour virus	1206	93.321	87
Seq7	Enzootic nasal tumour	1499	92.686	92
Seq8	Enzootic nasal tumour virus	1498	92.981	92
Seq9	Ovine enzootic nasal tumour virus	438	91.706	96
Seq10	Enzootic nasal tumour virus	1494	93.338	92
Seq14	Enzootic nasal tumour virus	295	85.821	45
Seq15	Jaagsiekte sheep retrovirus	347	89.42	97
Seq16	Enzootic nasal tumour virus	418	91.905	100
Seq17	Enzootic nasal tumour virus	1206	93.321	87
Seq18	Jaagsiekte sheep retrovirus	389	86.305	96
Seq1	Enzootic nasal tumour virus	706	85.637	52
Seq2	Jaagsiekte sheep retrovirus	518	94.747	96

Seq3	Enzootic nasal tumour virus	364	90.934	100

De las secuencias putativas de virus identificadas, las más importantes son las asociadas al virus del tumor nasal enzoótico (ENTV) asociado al adenocarcinoma nasal enzoótico (ENA) y causante de un tumor contagioso presente tanto en ovejas y cabras, perteneciente al género Betaretrovirus de la familia Retroviridae. El genoma del ENTV consiste en un ARN de cadena positiva de aproximadamente 7-7.5 kb. Las cabras afectadas pueden mostrar secreción nasal, disnea, protrusión ocular y deformaciones craneales.

CONCLUSIONES

En el conocimiento de los autores de este trabajo, este es el primer reporte en México de la identificación del virus del tumor nasal enzoótico (ENTV) en cabras de crianza en traspatio, mientras que la identificación del Jaagsiekte sheep retrovirus fue informada en el XI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRYCS) 2019. Este estudio es colaborativo a las nuevas herramientas moleculares, ya que el uso de la secuenciación masiva permite la identificación de agentes infecciosos que pueden no ser identificados por otros métodos de detección.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados del presente trabajo son parte del proyecto de investigación INIFAP No. 1517533023 “Virómica y microbioma de pequeños rumiantes”

FUENTES CONSULTADAS

1. Deng, Z. y Delwart, E. 2021. ContigExtender: a new approach to improving de novo sequence assembly for viral metagenomics data. *BMC Bioinformatics 2021 22:1*, *22*(1), 1–19.

2. Pearson, W. R. 2013. An Introduction to Sequence Similarity (“Homology”) Searching. *Current protocols in bioinformatics / editoral board, Andreas D. Baxevanis ... [et al.]*, *0 3*(SUPPL.42).

3. Tamames, J. y Puente-Sánchez, F. 2019. SqueezeMeta, A Highly Portable, Fully Automatic Metagenomic Analysis Pipeline. *Frontiers in Microbiology*, *0*(JAN), 3349.

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA Y PRODUCCIÓN DE BIOPELÍCULA EN BACTERIAS CASUSANTES DE MASTITIS CAPRINA

Zavaleta M.Z.M., Hernández A.L*., Díaz A.E., Urrutia M.J., Limón G. M. M., Pastor L. F.J.

Resumen

La mastitis caprina, considerada una enfermedad prevalente del ganado caprino es una de las enfermedades económicas más importantes para la industria láctea, es una enfermedad compleja debido a los numerosos patógenos causales. El conocimiento de los niveles de gravedad y la terapia basada en cultivos son esenciales para un manejo eficaz de los casos de mastitis. Los objetivos del trabajo fueron la identificación de los agentes etiológicos causantes de mastitis subclínica y conocer la susceptibilidad antimicrobiana y determinación de la producción de biopelícula para un tratamiento efectivo. Se visitaron cinco unidades de producción de leche en el estado de Coahuila y dos unidades de producción en San Luis Potosí; durante el proceso de ordeño se realizó la Prueba de California (CMT) a 111 cabras. Para el diagnóstico bacteriológico las muestras fueron sembradas en agar Sangre y agar MacConkey para la identificación bacteriana y agar dextrosa Sabouraud para la identificación de hongos y levaduras. Se realizaron pruebas bioquímicas primarias y secundarias para realizar la identificación bacteriana, además se utilizaron microsistemas de identificación API Staph y API E. Para las pruebas de susceptibilidad a los antibióticos se utilizó el método Kirby-Bauer. De las 111 muestras de leche analizadas el 11 % fueron bacteriológicamente negativas, dentro del 89% de muestras positivas se encontraron 9 especies bacterianas causantes de mastitis siendo el *S. chromogenes* la especie más frecuente, tanto en las muestras conjuntas como en el análisis por UPB. Se realizaron un total de 115 pruebas de susceptibilidad, 93% perteneciente a bacterias Gram positivas y 7% perteneciente a bacterias Gram negativas. Se encontró que los estreptococos y los estafilococos presentan un porcentaje de resistencia elevado a los β-lactámicos. Las cepas de *E. coli* fueron sensibles a la mayoría de los antibióticos probados, sin embargo se observó una resistencia del 50% a Ampicilina (AM) seguida de un 25% Carbenicilina (CB) y del 13% Sulfametoxazol Trimetroprim (SXT). Se puede observar que existe una amplia variedad de especies causantes de mastitis caprina, sin embargo, su presentación va a depender de una gran variedad de factores relacionados no solo con el animal sino también con su ambiente, así mismo se puede apreciar que el uso indiscriminado de antibióticos sin el conocimiento de los niveles de gravedad de la mastitis y la terapia basada en cultivos provoca cierta resistencia

Introducción

La mastitis en las cabras se puede presentar de manera crónica o severa, ocasionada por diferentes causas: como presencia de microorganismos patógenos en la glándula mamaria o traumatismo. Se caracteriza por cambios físicos y químicos en la leche (Abdelrahman,2020). Aunque la mastitis esta invariablemente asociada con una invasión bacteriana, los factores predisponentes como edad, etapa de lactación, número de partos tienen gran importancia.

La mastitis es menos frecuente en las cabras lecheras y la información disponible sobre los diferentes tipos de agentes etiológicos que producen la enfermedad en la cabra son menores que los existentes para ganado bovino. Puede ser causada por agentes infecciosos como bacterias, hongos, virus y algas. Cuando se trata de una mastitis bacteriana, que es la más común, debe realizarse la identificación del agente y la prueba de susceptibilidad a los quimioterapeúticos para indicar el tratamiento específico.

*Laura Hernández Andrade. CENID Salud Animal e Inocuidad INIFAP. Km 15.5 Carretera México Toluca. Col Palo Alto CP 05110. hernandezandrade@yahoo.com Tel 553871 8700 Ext 80317.

El principal agente es *Staphylococcus aureus* (Rola 2014) causante de mastitis clínica y puede causar mastitis gangrenosa, otros microorganismos como *Streptococcus*, *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* pueden estar presentes. Un grupo importante de *Staphylococcus* spp son los llamados *Staphylococcus* coagulasa negativos (SCN) que son los microorganismos más prevalentes en los casos subclínicos: *S. epidermidis*, *S. xylosus*, *S. simulans*, *S. chromogenes*, *S. caprae*, *S. lentus* y *S. warneri* (Contreras 2007).

La elevada persistencia de las mastitis por *Staphylococcus aureus* está relacionada con la capacidad de producción de biopelícula. Las biopelículas son comunidades complejas de microorganismos unidos en una matriz polimérica que contiene exapolisacáridos, proteínas, ácidos teicocos, enzimas y ADN extracelular protegiendo a los microorganismos contra la adversidad del medio ambiente, respuesta inmune y una alta tolerancia a los antibióticos cuando se compararan con las formas planctónicas.

El objetivo del trabajo fue identificar los microorganismos presentes en leche de cabras con mastitis subclínica, determinar la susceptibilidad antimicrobiana y la producción de biopelícula.

Material y Métodos

En el estado de Coahuila se trabajó con cinco rebaños con un sistema extensivo orientado a la producción de leche, con ordeño mecánico. Las cabras pertenecían a las razas Nubia, Sanen y Alpina, alimentación a través de pastoreo y concentrado.

En el estado de San Luis Potosí se trabajó con dos rebaños con un sistema extensivo orientado a la producción de leche, con cabras criollas, cruzadas principalmente con Nubia, la alimentación basada en el pastoreo y fueron suplementadas con rastrojos de maíz y frijol.

Unidades de producción y animales.

Se incluyeron en el estudio aquellas unidades de producción cuyos propietarios permitieron la recolección de las muestras de leche.

Prueba de California

Durante el proceso de ordeño en las Unidades de producción Caprina UPC, se realizó la Prueba de California para Mastitis (CMT) a un total de 111 cabras. Para iniciar la prueba, se realizó la limpieza de los pezones y se descartaron los primeros chorros de leche, posteriormente se tomaron aproximadamente 2 ml de leche de cada glándula en cada una de las divisiones de la paleta anexando la misma cantidad de reactivo (proporción 1:1), finalmente se mezcló la leche y el reactivo mediante un movimiento rotatorio suave, haciendo la lectura alrededor de los 7 segundos, el registro se realizó según la interpretación de la reacción trazas, grado 1, 2, ó 3.

Se recolecto leche de cada medio en tubos de ensayo estériles, eliminando el primer chorro. Se obtuvieron un total de 111 muestras, 56 muestras fueron obtenidas de cabras de San Luis Potosí y 55 de Coahuila. Las muestras se conservaron en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio.

Análisis Bacteriológico

Para la colección de las muestras de leche para el análisis bacteriológico se realizó una adecuada limpieza del pezón, seguida del secado con papel desechable limpio y una posterior limpieza del pezón con una torunda con alcohol etílico al 70%, obteniendo la muestra en un tubo Falcón estéril.

La leche se sembró en placas de agar sangre y agar MacConkey, se incubaron a 37°C por 24 a 48 h, posteriormente se observó el crecimiento de las colonias.

Identificación bacteriana. A partir de las placas con crecimiento se realizó frotis y tinción de Gram. Según morfología colonial y afinidad tintorial se identificaron las colonias de acuerdo a las siguientes

pruebas: catalasa, oxido-fermentación, coagulasa en tubo, para las demás bacterias se utilizó una batería de pruebas bioquímicas y fueron identificadas por medio de tablas. Para realizar la identificación de los *Staphylococcus* se utilizaron los microsistemas de identificación API Staph, API E, siguiendo las instrucciones del fabricante. Las galerías se incubaron 24 h a 37°C y se identificaron con la plataforma apiweb.

Producción de Biopelícula

La producción de biopelícula se determinó en el agar rojo congo, se utilizó agar infusión cerebro corazón suplementado con 3.6% de sacarosa y 0.08% de colorante rojo congo, los cuales fueron esterilizados simultáneamente en autoclave. Las cepas fueron sembradas e incubadas durante 24 h a 37°C, posteriormente se volvió a incubar durante un nuevo período de 24 h, se utilizó como control positivo la cepa Cowan de *Stpahylococcus aureus*. La observación de colonias negras y de aspecto cristalino se consideró como positivas, colonias rojas en el agar rojo congo se consideraron negativas para la producción de biopelícula.

Pruebas de susceptibilidad a los antibióticos.

Se utilizó el método de Kirby-Bauer en agar Müller-Hinton (MH), se inoculó una cepa bacteriana estandarizada al 0.5 en escala de Mcfarland y se colocaron multidiscos comerciales (Gram positivos o negativos), se incubaron a una temperatura de 37°C durante 18 a 24 h, posteriormente se midieron los halos de inhibición en mm, para clasificarlos como sensibles, intermedios o resistentes.

Resultados

Se realizó aislamiento de: *S. xylosus* 9/87 (10.34%), *S. lentus* 8/87 (9.19%), *S. hominis* 5/87 (5.74%), *S. haemolyticus* 3/87 (3.44%), *S. auricularis* 3/87 (3.44%), *S. sciuri* 1/87 (1.14%), *S. warneri* 1/87 (1.14%), *S. epidermidis* 1/87 (1.14%), *S. saprophyticus* 1/87 (1.14%). El aislamiento bacteriano de *Staphylococcus* coagulasa positivos fue: *S. intermedius* 2/87 (2.29%).

Se aislaron otros géneros bacterianos como: *Bacillus panthotenticus* 3/87 (3.44%), *Bacillus cereus* 1/87 (1.14%) y *Bacillus coagulans*, *Micrococcus kristinae* 1/87 (1.14%). El género *Streptococcus* fue aislado con poca frecuencia *Streptococcus agalactiae* 1/87 (1.14%), *Streptococcus arginosus* 1/87 (1.14%) y *Streptococcus equisimilis* 1/87 (1.14%) (Figura 25).

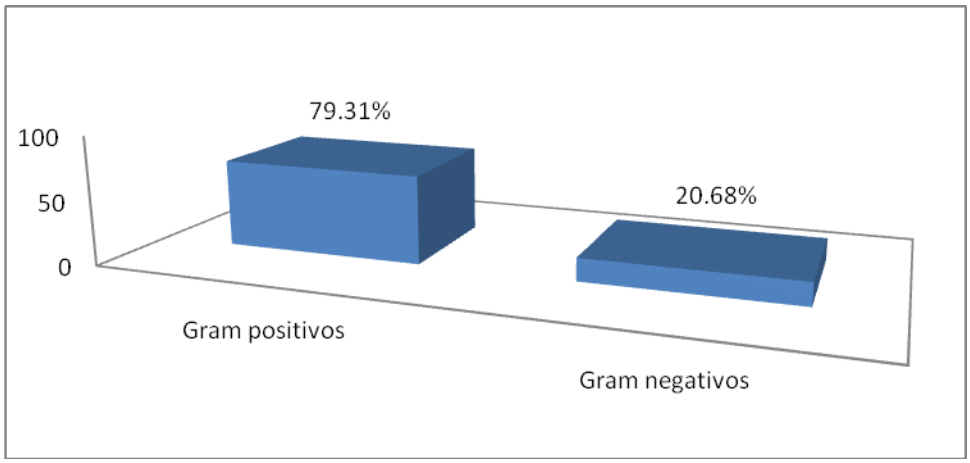
En el caso de bacterias Gram negativas se obtuvo aislamientos de: *Mannheimia haemolytica* 10/87 (11.49%), *Aeromona* spp 4/87 (4.59%), *Arcobacter* spp 4/87 (4.59%), *Pasteurella multocida* 1/87 (1.14%), *Klebsiella pneumoniae* 1/87 (1.14%), *Alcaligenes fecalis* 1/87 (1.14%) (Figura 24).

El 100% de las bacterias fueron sensibles a los antibióticos Levofloxacina y Trimetroprim Sulfametoxazol, y un 14.28% resistentes a Cefotaxima, Cefuroxima y Cefepine, utilizando la técnica de Kirby Bauer (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de susceptibilidad a los quimioterapéuticos

Antibióticos	Sensibles	Intermedio	Resistente
Ampicilina	92.85	7.14	0
Cefalotina	92.85	0	7.14
Cefotaxima	85.71	0	14.28
Levofloxacina	100	0	0

Cefuroxima	85.71	0	14.28
Dicloxacilina	92.85	0	7.14
Eritromicina	85.71	14.28	0
Gentamicina	92.85	0	7.14
Cefepine	85.71	0	14.28
Penicilina	92.85	0	7.14
Tetraciclina	92.85	7.14	0
Trimetroprim Sulfametoxazol	100	0	0



A pesar de que numerosos estudios muestran que el *S. aureus* el patógeno que con mayor frecuencia es aislado de los casos de mastitis caprina en este estudio no hubo aislamientos; sin embargo, los aislamientos de *Staphylococcus* coagulasa negativos fueron los más frecuentes coincidiendo con los resultados de otros estudios en que los SCN fueron los más aislados.

Rola en 2014 encontró una prevalencia de 86.1% de *Staphylococcus* coagulasa positiva, un 15.5% fueron resistentes a penicilina y a Sulfametoxazole un 12.1%, en este estudio se encontró resistencia a tres o más antimicrobianos.

Los resultados de este trabajo coincidieron con el de Jiménez et al., 2000 ya que se encontraron mayormente aislamientos de *S. chromogenes* en muestras de leche de cabras, mientras que en el trabajo de Bergonier et al., 2003 muestra que el microorganismo que más aislaron de los SNC fue el *S. caprae*.

En estudios realizados en México las especies aisladas con mayor frecuencia fueron los *Staphylococcus* coagulasa negativos con un 62/97 (63.9%) en sistemas de producción intensivo y semi-intensivo, aislándose *Staphylococcus chromogenes* con mayor frecuencia como en este trabajo (Ruiz R. et al 2013).

La presencia de *Staphylococcus* coagulasa negativos puede estar en relación con algunas prácticas de control de mastitis como son las rutinas de ordeño y los diferentes desinfectantes utilizados en el sellado o bien los tratamientos de secado.

Se concluye que el microorganismo más frecuente en mastitis subclínica caprina en este estudio fue *S. chromogenes* y otro microorganismo que se encontró con mayor frecuencia fue *Mannheimia haemolytica* 10/87 (11.49%). Además de que la mayor frecuencia de microorganismos en mastitis subclínica en estas cabras fueron los SCN comparados con otros agentes etiológicos que se aislaron.

La presencia de SCN en mastitis subclínica se ha asociado a deficiente manejo del ordeño, por lo que en este caso no se contaba con uso de selladores, lo que puede favorecer la presencia de microorganismos como los SCN.

Discusión y Conclusiones

El uso de antibióticos para tratar IIM ha sido una herramienta importante para curar vacas infectadas y mejorar la calidad de la leche, sin embargo, en los últimos años se ha observado una mayor resistencia a los antimicrobianos debido posiblemente a un uso indiscriminado de los mismos, ya que la mayoría de los productores tratan a los animales sin tener un diagnóstico previo que les indique el estado bacteriológico de la vaca. En el presente trabajo, se realizaron un total de 111 pruebas de susceptibilidad, 93% perteneciente a bacterias Gram positivas (92.5% cocos y 7.5% bacilos) y 7% perteneciente a bacterias Gram negativas.

A pesar de que numerosos estudios muestran que el *S. aureus* el patógeno que con mayor frecuencia es aislado de los casos de mastitis caprina en este estudio no hubo aislamientos; sin embargo, los aislamientos de *Staphylococcus* coagulasa negativos fueron los más frecuentes coincidiendo con los resultados de otros estudios en que los SCN fueron los más aislados.

Rola en 2014 encontró una prevalencia de 86.1% de *Staphylococcus* coagulasa positiva, un 15.5% fueron resistentes a penicilina y a Sulfametoxazole un 12.1%, en este estudio se encontró resistencia a tres o más antimicrobianos. Virdis, 2010 encontró que los SCN fueron resistentes a penicilina en un 36.0% y a Kanamicina un 6.7%.

Los resultados de este trabajo coincidieron con el de Jiménez et al. 2000 ya que se encontraron mayormente aislamientos de *S. chromogenes* en muestras de leche de cabras, mientras que en el trabajo de Bergonier et al., 2003 muestra que el microorganismo que más aislaron de los SNC fue el *S. caprae*.

En estudios realizados en México las especies aisladas con mayor frecuencia fueron los *Staphylococcus* coagulasa negativos con un 62/97 (63.9%) en sistemas de producción intensivo y semi-intensivo, aislándose *Staphylococcus chromogenes* con mayor frecuencia como en este trabajo (Ruiz R. et al 2013).

Literatura Citada

Abdelrahman, M.A., Khadr, A.M., Mahmoud, A.A., Elsheimy, M.T., & Osman, A. (2020). Occurrence of clinical and subclinical mastitis and associates risk factors in lactating goats with special reference to dry period infection and teat skin microflora. Alexandria Journal of Veterinary Sciences, 64 (2), 95-101.

Bergonier D, Crémoux R, Rupp R, La Griffoud G, Berthelot X. Mastitis of dairy small ruminants. Vet. Research. 34 (5). 2003. 689-716.

Contreras A, Sierra D, Sánchez A, Corrales JC, Marco JC, Paape MJ, Gonzalo C. 2007. Mastitis in small ruminants. Small Rumin Res 68:145-153.

Rola JG, Sosnowski M, Ostrowska M, Osek J. Prevalence and antimicrobial resistance of coagulase-posite staphylococci isolated from raw goat milk. Small ruminant Res (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.010

Ruiz RAR, Cervantes ORA, Ducoing WAE, Hernández AL, Martínez GD. Principales géneros bacterianos aislados de leche de cabra en dos granjas del municipio de Tequisquiapan, Querétaro, México. Rev Mex Cienc Pecu 2013: 4 (1): 93-106.

Virdis, S., Scarano C., Cossu F. Spanu, V. Spanu, C. de santis E.P.L. 2010. Antibiotic resistance in Staphylococcus aureus and coagulase negative staphylococci isolated from goats with subclinical mastitis. Vet. Med. Int. http://dx.doi.org/10.461/2010/517060

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se realizó con recursos autogenerados Bacteriología CENID Salud Animal e Inocuidad

Enfermedades parasitarias

EVALUACION DEL EFECTO REPELENTE Y GARRAPATICIDA DE UN PRODUCTO COMERCIAL ELABORADO CON EXTRACTO DE NEEM EN BOVINOS

Cruz A. H. M.*

Resumen
Dentro de las garrapatas más problemáticas se encuentran las del género *Boophilus*, que afectan a la ganadería de forma directa por el daño provocado a las pieles, efecto negativo en la conversión alimenticia, producción de carne, leche y fertilidad.
Objetivo: evaluar el efecto garrapaticida-repelente de un producto comercial elaborado con extracto de Neem al 5%, en dos hatos de bovinos en Yucatán, México.
Material y métodos: se formaron dos grupos de bovinos (n=22): grupo control y uno experimental, en dos hatos localizados en las comunidades de Panabá y Tizimín, Yucatán.
Los animales se bañaron mediante aspersión con el producto comercial de extracto de Neem al 5%. Posteriormente se contaron el número de garrapatas, mediante palpación directa y con un acarómetro, cada semana durante 42 días.

HOJA DE CAMPO PARA CONTEO DE GARRAPATAS

Resultados: los animales control del hato de Panabá al día 0 presentaron un promedio de 460 garrapatas y el grupo experimental 480, observando una disminución marcada de la infestación durante los 42 días con promedio de 0.54 y diferencia estadística ($p>0.05$) con relación al grupo control que seguía con un promedio de 480 garrapatas. Los controles del hato de la población de Tizimín, para el día cero presentaron un promedio de 470 igual que el experimental, observando también una disminución de la infestación con promedio de 0.54 y con diferencia estadística ($p>0.05$) con relación al grupo control que mantuvo un promedio de 380 garrapatas.
Conclusiones: los resultados demostraron que el producto comercial elaborado con extracto de Neem al 5%, desde el momento de su aplicación provocó el desprendimiento de las garrapatas a los 14 días antes de que ocurra de forma natural interrumpiendo el ciclo y evitando la ovoposición de las teleónigenas e impidiendo una reinfestación al repeler por 42 días las garrapatas.

Introducción
Las garrapatas y enfermedades que transmiten son una de los principales inconvenientes de la explotación de bovinos en el mundo. El problema depende de la región, especies de garrapata presentes, agente transmisor, así como de la situación socioeconómica y del avance tecnológico en la aplicación de las medidas de control (16)
Las garrapatas más problemáticas pertenecen a los géneros *Boophilus y Amblyomma*. El impacto económico negativo de las garrapatas a la ganadería se debe a efectos directos e indirectos. Su efecto directo sobre la producción es resultado del daño a pieles por acción de las picaduras, pérdidas de sangre y efectos tóxicos. Además, existe un efecto directo sobre la ganancia de peso de los animales y en la producción de leche. Las garrapatas también producen bajas en la fertilidad del ganado, mayor tiempo de engorda y dificultad en la importación de razas mejoradas para incrementar la calidad genética en áreas infestadas por garrapatas. El efecto indirecto está dado por los agentes que transmiten principalmente la garrapata del género *Boophilus* tales como *Babesia bovis, Babesia bigémina y Anaplasma marginale (1,4)*
La mayoría de las garrapatas parásitas del ganado bovino pertenecen a las así llamadas “garrapatas duras” de la familia de los ixódidos. Por ello, a los garrapaticidas se les denomina también a veces “ixodicidas” como sinónimo de garrapaticidas, para efectos prácticos (5, 20, 15).

* MVZ Héctor Marcelo Cruz Alba. Rio Tuito 1441, Col. Jardines del Rosario. Guadalajara, Jal. C.P. 44890
marcelo.cruz@grupodesppo.com.mx 01(378)1040955

A los acaricidas que se usan contra los ácaros de la sarna se les denomina “sarnicidas”. La mayoría de los garrapaticidas (órgano-fosforados, piretroides, amidinas, fenilpirazoles) actúan por simple contacto (efecto tarsal) del compuesto con la garrapata. Cuando se trata el ganado (por baño, pour on, etc) el compuesto se extiende por la piel del animal, entra en contacto con la garrapata y las mata más o menos rápidamente (efecto de choque) y dura más o menos tiempo tras la aplicación (efecto residual). (19).
El efecto o periodo residual de un garrapaticida señala el periodo de tiempo tras la aplicación del producto durante el cual éste sigue teniendo efecto contra las garrapatas que infesten al animal tras ser tratado. Algunos compuestos (endectocidas, benzoilureas) actúan también de modo sistémico, es decir, tras ser aplicados al animal, penetran en su flujo sanguíneo y a través de la sangre alcanzan a las garrapatas, pues todas las garrapatas se alimentan de sangre (18).
Las garrapatas son especialmente dañinas para el ganado bovino en las regiones de clima cálido, tropical y subtropical. En ellas abundan las garrapatas de los géneros siguientes: *Amblyoma, Boophilus (microplus) y Dermacentor* (9).
Existen las alternativas del control con repelentes orgánicos, a base de extractos naturales, que han demostrado su capacidad de repeler a los ectoparásitos, además de causar la muerte de estos por efectos directos en el sistema respiratorio, así como por la desnaturalización de su estructura externa (18, 14)
El Neem (*Azadirachta indica*) es un árbol perteneciente a la familia Meliaceae originario de los países tropicales del sudeste asiático conocido comúnmente como margosa, lila de la india y como Neem en inglés, el término tiene su origen en el sanscrito Ninma *Sarva roja nivarini* (curador de todas las enfermedades), es un árbol de tamaño de mediano a grande pudiendo alcanzar una altura de 30 m, caracterizado por su fuste corto y recto, una corteza arrugada de color marrón oscuro a gris y una copa densa y redondeada con hojas pinnadas que se ha adaptado a zonas de clima semiáridas, tolera temperaturas de 0 a 49ºC, actualmente se cultiva en más de 50 países, manteniendo sus características y teniendo una gran variedad de usos (7,10,11).
Los constituyentes biológicamente activos del Neem como los terpenoides , (llamados más específicamente limonoides), de los cuales los más importantes son la azaridactina, salanina, meliantrol, nimbina, y nimbidina, que por diversos estudios científicos se han dado a conocer que interrumpen o inhiben el desarrollo de huevos, larvas y pupas; bloqueando de esta forma la muda de larvas a ninfas; repele larvas y adultos; repele a las hembras para ovipositar; esteriliza a los adultos; envenena a las larvas y adultos, disuade a los insectos a alimentarse; confunde a los insectos para realizar la metamorfosis e inhibe la formación de quitina (3,6).
El neem contiene ciertas sustancias que lo hacen actuar de varias formas como la ecdisoma, que altera el comportamiento en los procesos vitales de los insectos. Otro componente es la salanina, que está reportado tiene efecto o actividad repelente. Además, el Neem también se ha observado que tiene una acción acaricida, nematicida y fungicida en los preparados oleosos (6,13).
Es importante mencionar que los compuestos del neem son de fácil biodegradación por lo que no dejan residuos tóxicos contaminantes y no hay acumulación de los principios activos en la cadena alimenticia, ni tampoco deja residuos en el suelo ni en productos vegetales al ser utilizados en estos como plaguicida o desinfectante (8, 12, 14).
Tomando en cuenta todas las bondades y beneficios que ofrece el neem en el presente estudio se aplicó un nuevo producto comercial orgánico hecho a base del extracto del neem, adicionado con aceites y fijadores naturales para evaluar su capacidad como repelente y garrapaticida al ser aplicado por aspersión en bovinos.

Objetivo
El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto garrapaticida-repelente de una mezcla comercial de neem al 5% en dos explotaciones de bovinos en zonas endémicas de garrapatas, en Yucatán México.

Materiales y métodos
El presente estudio experimental se realizó en dos poblaciones Panabá (latitud norte, 88º 07´ y de 88º 28´ longitud oeste) que se localizan al norte del estado de Yucatán , México. Presentan un clima cálido húmedo, con una temperatura media anual de 25.8ºC y una precipitación media anual de 95.4 mm.
En el rancho “Santa Maria Xtacbi-ha” que pertenece al municipio de Panabá, Yucatán, el grupo racial fue de vacas cebú comercial (con predominancia de Brahman y cruzas de Pardo Suizo) de diferentes edades que oscilan entre los 24 hasta los 60 meses aproximadamente. En el Rancho “La Candelaria” municipio de Tizimín, Yuc. Se trataron vacas F1 (cebú-europeo con predominancia de Cebú-pardo suizo) de diferentes edades, desde 30 hasta 96 meses. Se utilizaron un total de 44 animales los cuales tenían mes y medio sin manejo o

aplicación de los garrapaticidas tradicionales, se dividieron en dos grupos: experimental y control (n=11) en las dos poblaciones, la duración del estudio fue de 42 días, durante los meses de mayor infestación que son mayo-junio. Todos los animales recibieron el mismo manejo de pastoreo en explotaciones enclavadas en zonas endémicas de garrapatas del género *Boophilus;*con infestaciones que van desde los 320 a los 600 parásitos por cabeza.

	RANCHO		FECHA		HORA DE APLICACIÓN				PH AGUA		
	ARETE	RAZA	CUELLO		TORAX		FLANCO		MUSLO		TOTAL
			IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	IZQUIERDO	DERECHO	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											

Cuadro 1. Formato para el registro de datos de campo

La preparación de la mezcla para bañar a los animales experimentales se realizó de la forma siguiente: se diluyó el extracto de neem al 5%, amida de coco al 1.5%, y 93.5% de acondicionadores y diluyentes a una dosis de 10 ml de por litro de agua , con el agua con un ph de entre 7.5 a 9 ya que en pruebas preliminares de laboratorio demostró tener un mejor efecto al ser preparado en agua con un pH alcalino, por tal motivo en zonas donde se sabe que el agua tiende a ser ácida o con un pH menor de 7.0 se recomienda después de lavar las mochilas y usar un aplicador con boquillas del número 8003 que dan un rocío tipo brisa, agregar 20 g de bicarbonato de sodio común por cada 20 litros de agua antes de incluir la mezcla de neem, esto garantiza un mejor resultado del producto.

Posteriormente al azar se tomaron muestras de algunos ejemplares de garrapatas derribadas del animal y se procedió a determinar su estadío mediante un estetoscopio estereoscópico analizando su morfología externa. Para determinar y evaluar el inicio del efecto y la prolongación del mismo, como repelente y garrapaticida en los animales, se contaron el número de garrapatas por animal. El conteo de garrapatas adheridas al bovino se realizó por palpación directa y con el uso de un acarómetro, hecho con una hoja de acetato con una ranura rectangular de 5 cm de ancho y 5 cm de largo, es decir, con un área de 25 cm2. Se evaluaron 4 zonas de la superficie corporal de los bovinos: cuello, tórax, flanco y muslo, izquierdos y derechos dando un total de ocho campos por animal. La cuantificación se realizó al inicio del estudio y posteriormente cada semana, durante 42 días (cuadro 1).

Para el análisis de los datos se utilizó el programa de Sigma stat 3.1 para comparar el grupo experimental contra el grupo control en las regiones corporales previamente establecidas en la metodología utilizando una prueba estadística no paramétrica ya que los valores no se comportaron como una población normal, llamada Prueba de suma de rangos de Mann-Whitney con un nivel de significancia de 0.05.

Resultados

En el rancho amaría Xtacbi-ha, pasada la primera semana después de la aplicación del medicamento se tomó una muestra al azar de las garrapatas derribadas (n=50) para determinar el estadío en el que se encontraban estos ectoparásitos observándose lo siguiente: 26 eran hembras jóvenes, 2 machos jóvenes, 3 eran machos adultos, 4 hembras ninfas, 6 machos ninfas y 9 eran hembras adultas repletas o ingurgitadas y sin importar el estadío todas presentaban deformación en la zona del idiosoma con decoloración de los mismos.

A los 14 días post aplicación del producto nuevamente en el mismo rancho se tomó al azar otra muestra de garrapatas derribadas con una (n=50) observándose lo siguiente: 19 eran hembras jóvenes, 5 machos jóvenes, 3 eran machos adultos, 5 hembras ninfas, 4 machos ninfas y 14 eran hembras adultas repletas o ingurgitadas y también presentaban deformación en la zona del idiosoma con decoloración del mismo.
Al comparar los resultados de los grupos sin importar el estadio en el que se encontraban las garrapatas se encontró que para el hato de Panabá al día cero los animales presentaron una fuerte presencia de garrapatas con promedios de 440 y 470 en ambos grupos experimental y control, respectivamente. Después de la aplicación del producto, se observó una disminución marcada de la infestación a los 7, 14, 21 y 28 días, con promedios de 0.54, mediana de 0 garrapatas en el grupo experimental y con diferencias estadísticas ($p<0.05$) con relación al grupo control que seguían con un promedio de 380 (Cuadro 2).
La infestación en los grupos no tratados presentó un comportamiento similar, las zonas corporales con mayor número de garrapatas fueron, en orden creciente: muslos, flancos, tórax y cuello.

	Panabá, Yucatán.						**Tizimín, Yucatan**					
	Grupo experimental			**Grupo control**			**Grupo experimental**			**Grupo control**		
Dia	□	δ-1	□	□	δ-1	□	□	δ-1	□	□	δ-1	□
0	440.5	35.1	390	470	40.93	453	470	40.85	454	470	40.85	454
7	6.36	4.27	6*	564	49.12	543	6.36	4.27	6*	530	46.06	512
14	1.54	1.03	2*	413	36.02	398	1.54	1.03	2*	510	44.33	493
21	0.54	0.93	0*	437.1	38.07	421	0.54	0.93	0*	440	38.24	425
28	0.54	0.93	0*	484.1	42.16	466	0.54	0.93	0*	380	33.03	367
35	1.81	0.6	2*	507.6	44.21	489	1.82	0.6	2*	450	39.11	434
42	3.45	0.82	3*	587.5	51.17	566	3.45	0.82	3*	550	47.8	531

Cuadro 2. Valores promedio, desviación estándar y mediana de garrapatas por animal, grupo y localidad. (*) Diferencias estadísticas entre grupos de la misma localidad y periodo de evaluación ($p<0.05$). Suma de rangos de Mann-Whitney, Sigma Staf 3.1. □ promedio o media aritmética; δ_(n_(-1)): desviación estándar muestral ; □ : mediana

Discusión
Al analizar la muestra al azar de 50 garrapatas derribadas a los días 5 y 14 después de la aplicación de acuerdo al ciclo biológico la prevalencia mayor fue de hembras jóvenes seguidas de teleóginas (hembras, hinchadas, llenas de sangre y de huevos) en ambas localidades Panabá y Tizimin (2).
Se sabe que de acuerdo al ciclo biológico las garrapatas se desprenden del animal aproximadamente a los 22 días en el estadío de teleóginas que es cuando durante una semana se alimentan de sangre del animal, después cae al suelo, ovopositan y mueren y como se observa de acuerdo a los resultados, el tratamiento en los animales experimentales, la mezcla comercial de neem, fue efectiva mucho antes de que llegara esa fase, interrumpiendo el ciclo (17).
En base a los datos obtenidos de las pruebas de campo en los animales del grupo control, de ambos poblados, la infestación con garrapatas no disminuyó durante todo el tiempo que duró el estudio el comportamiento fue el mismo. Es importante señalar que los predios donde se realizaron éstas pruebas de campo cuentan con antecedentes que por mucho tiempo usaron aplicaciones de productos “químicos tradicionales”, de las tres familias existentes en nuestro país (organofosforados, amidinas y piretroides) que están reportados como garrapaticidas (19).

Con la intención de obtener mejores resultados los ganaderos repetían la aplicación de los productos garrapaticidas tradicionales cada 7 días y reportaban que había una fuerte resistencia a dichas sustancias a pesar que hacían rotación de los productos para evitar esta resistencia, con esto trataban de obtener mejores resultados, también reportaron que en la mayoría de los casos la dosificación que utilizaban ya era del doble de la dosis original para obtener mejores resultados, aunque esto representaba un mayor riesgo tanto para el animal como para el individuo que lo aplica debiendo utilizar un equipo especial para su manejo, preparación y aplicación y un mayor gasto económico (18).

Por el contrario, el grupo experimental bañado con la mezcla comercial de neem, al principio del estudio se observó que en los primeros siete días después de la aplicación del producto, las garrapatas se desprendían del cuerpo del animal al grado de observar una o dos garrapatas únicamente en alguna de las zonas inspeccionadas lo cual demostró que la formula hecha a base de extracto de neem tiene un efecto como garrapaticida fue inmediato (17,21).

Se observó también que conforme pasaba el tiempo el efecto de la mezcla comercial de neem, como repelente contra las garrapatas en los animales que fueron bañados con este producto se mantuvo durante las seis semanas, a pesar de que el estudio se inició al principio de la época de lluvias, tiempo en el cual aumenta la humedad y en calor de la zona por su ubicación geográfica y las características climatológicas que dan como resultado de esta combinación un alto grado de infestación de los animales por garrapatas (19).

Conclusiones

El producto comercial de neem al 5% tuvo un buen efecto garrapaticida desde la primera semana de aplicación. La mezcla comercial mantuvo un efecto repelente durante seis semanas de acuerdo a los resultados. La mezcla comercial de neem al 5%, representa una alternativa para el control de la garrapata en el ganado bovino sin tener efectos adversos para el animal por toxicidad, para el aplicador y/o en medio ambiente por ser un producto inocuo, de origen orgánico y biodegradable.

Bibliografía

1. Araque A, Ujueta S, Bonilla R, et. Al. Acaricidial resistance of Rhipicephalus (Boophilus) microplus in some colombian cattle farms. Rev. U.D.C.A. Act &Div. Cient. 2014; 17 (1): 161-170
2. Alvarez V. Bonilla R. Adultos y ninfas de la garrapata *Amblyomma cajennense fabricus* (Acari: Ixodidae) en equinos y bovinos. Agronomia Costarricense 2007;31(1)
3. Angulo M A, Gardea AA, Vélez R, et. Al. Contenido de azadiractina en semillas de neem (*Azadirachta indica A Juss*) colectadas en Sinaloa, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 2004; 27 (4).
4. Benavides OP, Romero P, Villamil J. Las garrapatas del ganado bovino y los agentes de enfermedades que transmiten escenarios epidemiológicos de cambio climático: Guia para el manejo de garrapatas y adaptación al cambio climático. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) Universidad de La Salle (2016).
5. Benavides-Montaño ja, Jaramillo-Cruz CA, Mesa-Cobo NC. Garrapatas Ixodidae (Acari) en el Valle del Cauca, Colombia. Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. 2018; 22(1): 131-150
6. Esparza-Diaz G, Lopez-Collado J, Villanueva-Jiménez, JA, et. Al. Azadirachtin concentration, insecticide efficacy and phytotoxicity of four neem *Azadirachta indica* A. Juss. Extracts. Agrociencia. 2010; 44: 821-833
7. Estrada J. López MT, Puig N. El Neem, una alternativa agroecológica sostenible. Manual técnico. Nueva Edición Ampliada 2009, 32 pp.
8. Estrada-Peña A. Las garrapatas Clase Arachnida Orden Ixodida: Manual revista IDE@-SEA, no. 13 1-15, ISSN 2386-7183 I Ibero Diversidad Entomologica@accesible www.sea-entomologica.org/IDE@(2015):1-15
9. Faccioli V. Garrapatas (Acari, Ixoidade y Argasidae) de la colección de invertebrados Serie Catálogos 25, Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino” 2011.
10. Fernandez DSR, Villaroel A, Cuamo L. et al Evaluation of a somatic embryogenesis regeneration system for neem (Azadirachta Indica). Acta biológica Colombiana 2016; 21(3): 581
11. Garcia-Montes Y, Castro-Garcia M, Lopez-Mantuano M. et al. Effect of leaf extract neem (*Azadirachta indica*) for controlling ectoparasites in dogs. Revista Cientifica, FCV-LUZ. 2017: 154-161.
12. González MM, Márquez AA, Meléndez CE, et al. Efecto del extracto de hojas de Neem *(Azadirachta Indica A. Juss)* en la diabetes Mellitus inducida por Estreptozotocina en ratones. Gaceta de Ciencias Veterinarias. (2012); 15 (2): 64-71

13. Isea GA, Rodriguez IE, Hernández AH. Tick control activity of (Neem). Revista cubana de plantas medicinales. 2013; 18 (3): 327-340
14. Orozco F. Rodriguez M. Cultivos de células en suspensión de *Azadirachta Indica* para la producción de un bioinsecticida. Revista Mexicana de Ingenieria Quimica. 2007; 6(3): 251-258.
15. Polanco-Echeverry DN, Ríos-Osorio LA. Biologycal and ecologycal aspects of hard ticks. Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria. 2016; 17 (1): 81-95.
16. Porfirio NI, Schwentesius RR. Control biológico de garrapata (*Boophilus microplus*), con microorganismos. CIESTAM Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México. 2016: https://www.researchgate.net/publication/289768055
17. Rodriguez-Vivas RI, Rosado Aguilar A, Basto G, et al. Manual Técnico para el control de garrapatas en el ganado bovino, Centro Nacional de Investigación en Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Publicación técnica No. 4, 2006.
18. Rodriguez-Vivas VRI, Rosado-Aguilar Aja, Ojeda-Chi CMM, et al. Integrated control of ticks in bovine livestock. Ecosistemas y recursos agropecuarios 2014. I (3); 295-309
19. Schleske I, Prevalencia de unidades de producción con garrapatas *Riphicephalus (boophilus) microplus* resistentes a amidinas y factores de riesgo asociados a su presentación en la región del estado de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencia Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, 2011.
20. Solari MA, Cuore U, Trelles A. et. Al. Taxonomia de los 5 géneros de garrapatas diagnosticadas en bovinos en Uruguay. Jornadas Aportes a la lucha contra la garrapata, Departamento de Parasitología, Uruguay, 2006.
21. Villamil DA, Naranjo N, Van Strahlen MA. Efecto insecticida del extracto de semillas de Neem (*Azadirachta Indica A. Juss)* sobre *Collaria scenica* Stal (Hemiptera: Miridae). Entomologia do Brasil. 2012; 5 (2): 125-129

EFICACIA DE LA IVERMECTINA Y DEL SULFÓXIDO DE ALBENDAZOL EN EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN OVEJAS PELIBUEY

Collazo P.G., López R.A., *Pineda L.J., López R.L.A., Macedo B.R.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar la eficacia de la ivermectina y del sulfóxido de albendazol para el control de nematodos gastrointestinales. Treinta ovejas Pelibuey fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos experimentales: ivermectina al 4% a una dosis de 10.2 mg/kg PV, sulfóxido de albendazol al 17% a una dosis de 3.75 mg/kg PV y un grupo control no tratado. Se recolectaron muestras fecales antes de la administración de los tratamientos (día 0) y los días 1, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 postratamiento. Se realizó el diagnóstico cuantitativo de los huevos mediante la técnica de McMaster y se realizaron cultivos para recuperar larvas por el método de migración con el aparato de Baermann. La eficacia antihelmíntica de los tratamientos se determinó por medio de la fórmula de Abbott y el efecto de los antihélmínticos sobre la cantidad de huevos por gramos de heces por medio de un análisis de varianza con un diseño completamente al azar. Las especies más abundantes fueron *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus*. A las primeras 24 horas postratamiento, la ivermectina mostró una eficacia inferior al sulfóxido de albendazol (69.50 vs 90.86% respectivamente) y a partir del séptimo día, la eficacia de ambos fármacos resultó similar manteniéndose por encima del 90% hasta el día 28 y 21 postratamiento respectivamente. El sulfóxido de albendazol actuó de forma más rápida que la ivermectina sobre larvas de *Haemonchus contortus* observándose una eficacia a las 24 horas postratamiento de 88.17 y 69.53% respectivamente. Se concluye que el sulfóxido de albendazol tiene un efecto más rápido y una eficacia más prolongada para el control de huevos de nemátodos gastrointestinales y de larvas de *Haemonchus contortus* que la ivermectina sin indicios de resistencia a ambos fármacos.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son una seria preocupación para los productores de ovinos en todo el mundo ya que las enfermedades causadas por estos tienen implicaciones significativas para la salud y el bienestar del animal y provocan pérdidas económicas sustanciales debido a la disminución de la eficacia de la producción (Smith *et al*., 2021), llegando con frecuencia a causar la muerte del animal (Macedo *et al*., 2009).

En las zonas tropicales y subtropicales de México, el ganado ovino se explota bajo pastoreo lo que favorece la proliferación de parásitos y la aparición de enfermedades causadas por NGI. Entre las principales especies de nematodos identificadas en México se encuentran *Haemonchus contortus, Trichostrongylus colubriformis, Trichostrongylus axei, Cooperia curticei, Teladorsagia circumcincta, Trichuris ovis, Strongyloides papillosus, Oesophagostomum spp* y *Bunostomum spp* (López *et al*., 2013; González-Garduño *et al*., 2014; Mondragón-Ancelmo *et al*., 2019; Pérez-Bautista *et al*. (2021).

* Jorge Pineda Lucatero. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo. Tecomán, Colima. C.P. 28100. (313) 322 94 07. macedo@ucol.mx.

Actualmente, los fármacos antihelmínticos son el principal método de control de los parásitos en los ovinos. Si bien esta estrategia de control ha sido efectiva durante varias décadas, a nivel mundial ha sido notoria la disminución de la eficacia de estos tratamientos y los NGI han experimentado una rápida evolución y han desarrollado resistencia contra los principales productos químicos utilizados en su control como son los bencimidazoles, imidazotiazoles las lactonas macrocíclicas e incluso a las combinaciones de antihelmínticos (González-Garduño *et al*., 2014; Medina *et al*., 2014; Mondragón-Ancelmo *et al*., 2019). La mayoría de estos compuestos son altamente efectivos siempre y cuando en su uso y elección se sigan criterios técnicos, ya que factores como la naturaleza química y las propiedades farmacocinéticas del fármaco, las características de los animales, las características biológicas de los parásitos limitan o disminuyen su efecto (Medina *et al*., 2014). Bajo este contexto el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de dos antihelmínticos, la ivermectina perteneciente al grupo de las lactonas macrocíclicas y el sulfóxido de albendazol del grupo de los benzimidazoles en ovejas Pelibuey.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitios experimentales.

La fase de campo del estudio se realizó en las instalaciones de la posta zootécnica del Centro de Bachillerato Técnico Agropecuario 140 (CBTA 140), localizado en el municipio de Coahuayana de Hidalgo Michoacán en las coordenadas 18°42'14" N y 103°39'10" O a una altura de 10 msnm. Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación media anual que va de los 1000 a los 1200 mm y una temperatura media anual que fluctúa entre los 26 y los 28°C, (INEGI, 2017). La etapa de laboratorio se realizó en el Laboratorio Multidisciplinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima, localizado en el municipio de Tecomán, Colima, en el kilómetro 40 de la Autopista Colima-Manzanillo.

Animales, métodos y variables.

Se utilizaron 30 hembras ovinas adultas no gestantes de la raza Pelibuey, con valores individuales de eliminación superiores a 150 huevos por gramo de heces (HPGH) de nematodos gastrointestinales bajo infestación natural (Muñoz *et al*., 2008) las cuales habían recibido su último tratamiento antihelmíntico seis meses antes del inicio del estudio. Las ovejas se identificaron con arete y se conformaron tres grupos experimentales de 10 animales cada uno. El grupo control o testigo estuvo conformado por animales que no recibieron tratamiento antiparasitario químico. Un segundo grupo de ovejas (IVM) fueron tratadas con ivermectina al 4% a una dosis de 0.2 mg/kg PV por vía subcutánea, mientras que las del tercer grupo (ALB) fueron tratadas con sulfóxido de albendazol al 17% a una dosis de 3.75 mg/kg PV por vía subcutánea.

Para medir la eliminación de HPGH se recolectaron muestras fecales del recto antes de la administración de los tratamientos (día 0) y los días 1, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 postratamiento, mismas que fueron rotuladas y refrigeradas a 4 °C para su posterior procesamiento. El diagnóstico cuantitativo de los huevos de NGI, se realizó mediante la técnica de McMaster modificada (Valcárcer, 2009). Para la identificación de los NGI más frecuentes se siguió la metodología de Quiroz (2008), para lo cual se realizaron cultivos larvarios en cajas de Petri incubadas durante ocho días, recuperando las larvas al noveno día mediante el método de migración con el aparato de Baermann

(Thienpont *et al*., 1986).

Para evitar que los ovinos se reinfestaran se mantuvieron estabulados durante todo el experimento y fueron alimentados con ensilado y rastrojo de maíz complementado con un concentrado. Se les ofreció agua fresca

ad libitum proveniente de un pozo profundo. Los corrales, comederos y bebederos fueron limpiados y desinfectados antes de iniciar el experimento para eliminar totalmente restos de excremento.

Análisis de la información.

Con el fin de evaluar la reducción de la cantidad de HPGH y determinar la eficacia antihelmíntica de la ivermectina y del sulfóxido de albendazol 17% se utilizó la fórmula de Abbott (1925):

$$\text{Eficacia} = [1 - (Nt / N't)] * 100$$

en donde:

Nt = número de HPGH en lote tratado, al cabo de de t días.

N't = número de HPGH en lote testigo, al cabo de de t días.

Para determinar el efecto de los antihélmínticos sobre la cantidad de HPGH se realizó un Análisis de Varianza con un diseño completamente al azar de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_i = \mu + T_i + e_i$$

en donde:

Y_i = variable respuesta.

μ = media general.

T_i = efecto fijo del iesimo tratamiento (Ivermectina, sulfóxido de albendazol).

e_i = error experimental.

La comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey y se declaró significancia estadística si $P<0.05$. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS v. 15.0.

RESULTADOS

El análisis de varianza mostró una reducción significativa ($P<0.05$) en la cantidad de HPGH a partir del día 7 del tratamiento con ambos fármacos en comparación con aquellas no tratadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del tratamiento con ivermectina y sulfóxido de albendazol sobre el número de HPGH de nemátodos gastrointestinales en ovejas Pelibuey.

Tiempo (días)	Control	Ivermectina	Sulfóxido de albendazol
0	4,735 [a]	4,725 [a]	4,730 [a]
1	4,705 [a]	1,435 [b]	430 [c]
7	4,245 [a]	285 [b]	180 [b]
14	3,500 [a]	55 [b]	130 [b]
21	5,830 [a]	120 [b]	280 [b]

28	4,440 [a]	295 [b]	470 [b]
35	3,600 [a]	740 [b]	690 [b]
42	3,200 [a]	1,625 [b]	1,245 [b]

[abc] Medias seguidas de literales diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

El nivel de eficacia en los días posteriores al tratamiento se muestra en el Cuadro 2. La eficacia del sulfóxido de albendazol y de la ivermectina se mantuvo por encima del 95% a partir del día 7 y 14 postratamiento, respectivamente, hasta el día 21. Posteriormente inició su descenso a partir del día 28, alcanzando al final del estudio, en el caso de las ovejas tratadas con ivermectina, un valor menor al 50%.

Cuadro 2. Eficacia del tratamiento con ivermectina y albendazol sulfóxido en ovejas Pelibuey.

	Eficacia del tratamiento (%)					
	7 d	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d
Control	---	---	---	---	---	---
Ivermectina al 4%	93.3	98.4	97.9	93.4	79.4	49.2
Sulfóxido de albendazol al 17%	95.8	96.3	95.2	89.4	80.8	61.1

En los cultivos de larvas de muestras colectadas previo a la aplicación de los fármacos se identificó la presencia de *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus* como los parásitos de mayor frecuencia, que en conjunto representaron el 61.7% del nemabioma presente en los tres grupos de ovejas. Otros parásitos según su frecuencia fueron *Teladorsagia circumcincta*, *Trichostrongylus axei* y *Bunostomum trigonocephalum*. La determinación de las larvas en las muestras colectadas a los 42 días del tratamiento mostró que *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus* continuaron siendo los géneros más frecuentes (67.5%) en el grupo control, mientras que las larvas de *Haemonchus contortus* representaron el 46.0% en el grupo tratado con ivermectina y 54.7% en las tratadas con sulfóxido de albendazol, mientras que no se encontraron larvas de *Strongyloides papillosus*. Otros parásitos frecuentes en estos grupos continuaron siendo *Teladorsagia circumcincta, Trichostrongylus axei* y *Bunostomum trigonocephalum* (Figura 1).

Antes de la aplicación de los tratamientos, en los cultivos larvarios se identificaron varios géneros de NGI siendo los más importantes *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus* los cuales en su conjunto representaron en promedio un 61.74% del nemabioma presente en los tres grupos de ovejas estudiadas. Otros géneros importantes fueron *Teladorsagia circumcincta, Trichostrongylus axei* y *Bunostomum trigonocephalum*. El análisis del nemabioma a los 42 días postratamiento mostró que en el grupo control *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus* continuaron siendo los géneros más abundantes (67.50%) mientras que en las ovejas tratadas con ivermectina y con sulfóxido de albendazol, las larvas de *Haemonchus contortus* representaron un 46.03 y un 54.67% del nemabioma respectivamente sin observarse la presencia de *Strongyloides papillosus*. En los grupos tratados otros géneros importantes continuaron siendo *Teladorsagia circumcincta, Trichostrongylus axei* y *Bunostomum trigonocephalum* los cuales presentaron una disminución importante en el grupo control coincidiendo con la presencia de *Strongyloides papillosus* (Figura 1).

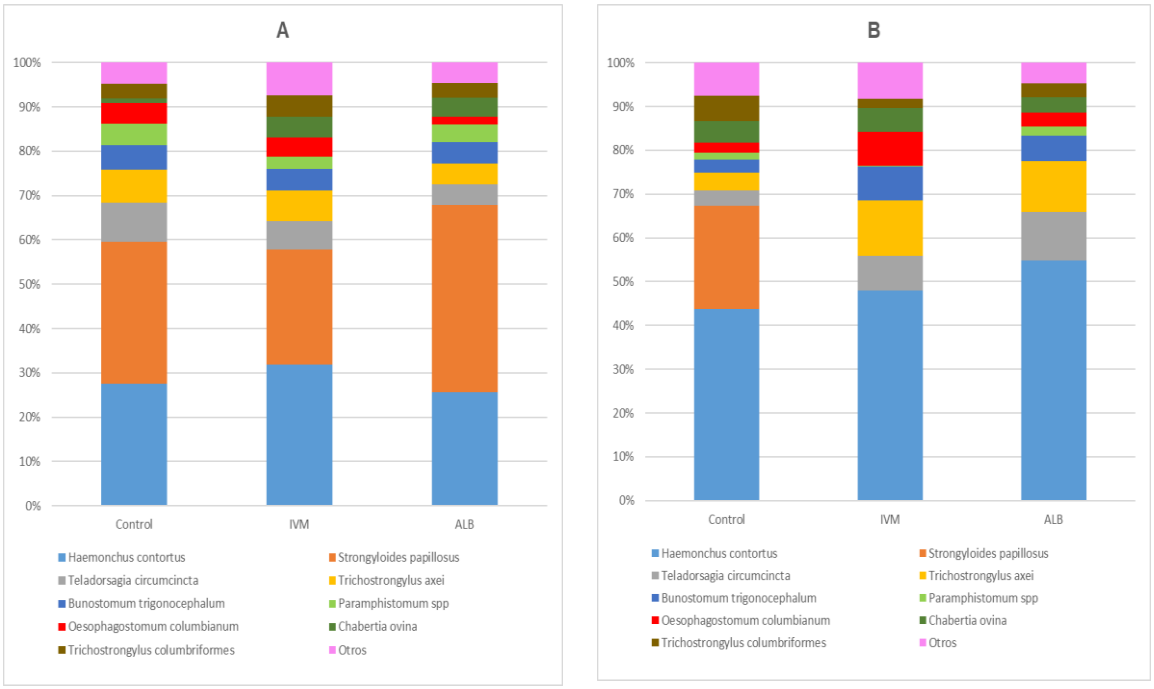


Figura 1. Frecuencia de parásitos gastrointestinales de ovejas Pelibuey al inicio (A) y al final (B) del estudio.

El sulfóxido de albendazol actuó de forma más rápida sobre *Haemonchus contortus* observándose una eficacia significativa a las 24 horas postratamiento (88.17%) contra un 69.53% de la ivermectina. Ambos fármacos lograron mantener una eficacia por arriba del 90% del día 7 al día 28, punto a partir del cual, su efecto empezó a disminuir hasta llegar a un 50% de eficacia en el día 42 postratamiento. En el caso de *Strongyloides papillosus,* ambos productos mostraron una eficacia similar con una eficacia cercana al 100% a las primeras 24 horas postratamiento, misma que se mantuvo hasta el final de la prueba (Figura 2).

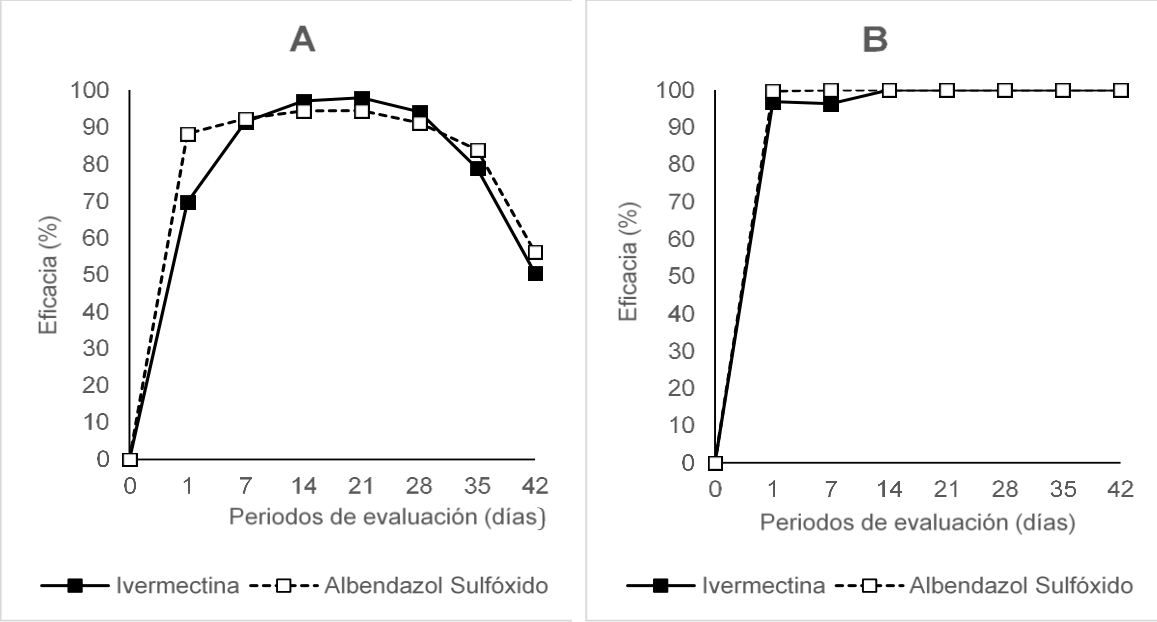


Figura 2. Eficacia del control de *Haemonchus contortus* (A) y *Strongyloides papillosus* (B) en ovejas Pelibuey tratadas con ivermectina y sulfóxido de albendazol.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Varios autores han evaluado la eficacia de la ivermectina y del albendazol para el control de NGI en ovinos. Así, Halvarsson y Höglund (2021) en Suecia encontraron una disminución significativa del parasitismo gastrointestinal a los 7 y 10 días posteriores a la dosificación, siendo de 100% efectiva para el levamisol, 65% para los tratados con ivermectina y de 54% para los tratados con albendazol. Asimismo, Bosco *et al*. (2020) trabajaron con ovejas de ocho granjas en Italia, obteniendo una eficacia promedio en la reducción de huevos del 99.4 y 99.1% a los 14 días de la aplicación de albendazol (3.8 mg/kg PV) y de ivermectina (0.2 mg/kg PV), respectivamente, resultado ligeramente

superior al del presente estudio (95.8 y 93.3%, respectivamente). Estos autores encontraron, además, dos granjas con menor eficacia para el albendazol considerándolas como casos sospechosos de resistencia antihelmíntica.

Por otro lado, Pereira-Junior *et al*. (2017) obtuvieron una reducción significativa de HPGH a partir del día 7 del tratamiento con estos fármacos, mientras que, en México, Mondragón-Ancelmo *et* al. (2019)

reportaron eficiencias de 83 y 57% para albendazol (10 mg/kg vía oral) e ivermectina (0.22 mg/kg vía subcutánea) y González-Garduño *et al*. (2014) obtuvieron una eficacia entre los 10 y 14 días del tratamiento de 87% para la ivermectina (0.2 mg/kg) y de 64% para albendazol (10 mg/kg), aunque solo de 30% para el levamisol; resultados que indican resistencia antihelmíntica en los ovinos de pelo a estos antiparasitarios.

De acuerdo con Coles (1992) se considera que existe resistencia a un fármaco si se observa una RHPGH menor al 95% en el conteo de HPGH situación no ocurrida en el presente estudio ya que la RHPGH observada para el albendazol y la ivermectina se mantuvo por encima de este valor entre los días 7 y 21 y los días 14 y 21 postratamiento respectivamente. Diversos estudios realizados en México han documentado la resistencia de diversos géneros de NGI a la ivermectina y el albendazol siendo lo más recientes el de Herrera-Manzanilla *et al*. (2017) quienes la encontraron en *Haemonchus* spp*., Trichostongylus* spp*.,* y *Oesophagostomum* spp., y

el de Mondragón-Ancelmo *et al*. (2019) quienes la identificaron en los géneros *Cooperia* spp. y T*richostrongylus* spp.

El uso frecuente, indiscriminado o inapropiado de los fármacos antihelmínticos han provocado la aparición de poblaciones de helmintos resistentes a los medicamentos, de allí que previo al tratamiento antihelmíntico se debe evaluar la extensión de la infección parasitaria por un medio de un examen fecal, lo que rara vez ocurre. Asimismo, debido al bajo costo del tratamiento con benzimidazoles y a su amplio espectro de acción, ya que también controla cestodos y trematodos, se suelen utilizar durante varios años consecutivos (Bosco *et al*., 2020). Es importante dejar de lado la práctica estereotipada de realizar tratamientos antiparasitarios preventivos en masa (al 100% del rebaño), ya que existen evidencias que solo un 20% de los animales albergan más del 80% de los parásitos, debiéndose considerar tratamientos selectivos mediante el estudio integral de la coloración de la mucosa ocular (método FAMACHA), la condición corporal y el estado general del animal, entre otros aspectos (Arece-García *et al*., 2016).

Los NGI más abundantes en el presente estudio fueron *Haemonchus contortus, Strongyloides papillosus, Teladorsagia circumcincta* y *Trichostrongylus axei*, lo cual resultó similar a lo encontrado en diversas regiones de México por López *et a*l. (2013), González-Garduño *et al*. (2014), y Mondragón-Ancelmo *et al*. (2019) y Pérez-Bautista *et al*. (2021). Estos géneros presentan una amplia distribución mundial y recientemente fueron identificados por Bosco *et al.* (2020) en Italia (*Haemonchus, Trichostrongylus, Teladorsagia*), por Halvarsson y Höglund (2021) en Suecia (Haemonchus y Teladorsagia) y por Hamer *et al.* (2019) en Escocia (*Teladorsagia circumcincta, Trichostrongylus vitrinus* y *Trichostrongylus axe*i).

De acuerdo con el conteo de larvas obtenidas de los cultivos, ambos fármacos mostraron una alta eficacia en el control de las dos especies de nemátodos más abundantes como fueron *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus*. Sobre el primero de ellos, son numerosos los estudios que lo ubican como una de las especies de NGI de mayor prevalencia e importancia a nivel mundial, que genera importantes pérdidas económicas en los sistemas de producción ovina y con mayor resistencia a los principales fármacos antihelmínticos (Emery *et al*., 2016; Naeem *et al*., 2021). El segundo de ellos es un parásito bien conocido de los ovinos de distribución mundial, que ocasiona infecciones generalmente moderadas y asintómáticas (Viney, 2017) que ocasionalmente puede puede causar brótes importantes ocasionando la muerte de los animales (Romero *et al*., 2022).

La mayor eficacia del sulfóxido de albendazol durante las primeras 24 horas post-aplicación es explicada por su farmacocinética. El albendazol administrado de forma oral alcanza su máxima concentración plasmática a las 10 horas de su administración en ovejas (Delatour *et al*., 1990) y en

cabras (Benchaoui *et al.,* 1993) y en tan solo 4 horas al administrarse por vía subcutánea en terneros (Lanusse *et al.,* 1998). En el caso de la ivermectina, la máxima concentración plasmática ocurre a las 48 horas pos-administración vía subcutánea (Adams, 2001).

Se concluye que el sulfóxido de albendazol y la ivermectina mostraron una eficacia superior al 95%

para el control de huevos de nematodos gastrointestinales desde el día 7 y 14 postratamiento hasta el día 21 de su administración, respectivamente. Solo la ivermectina mostró este nivel de eficacia

los días 14 y 21 post-adminstración sobre las larvas de *Haemonchus contortus*. No se observaron indicios de resistencia a ambos fármacos. *Haemonchus contortus* y *Strongyloides papillosus* fueron los nematodos gastrointestinales más abundantes.

LITERATURA CITADA

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol 18: 265-267. doi: 10.1093/jee/18.2.265a

Adams, H.R. 2001. Veterinary pharmacology and therapeutics. 8th edition. Iowa, USA: Iowa State University Press. 1201 p.

Arece-García, J., López-Leyva, Y., Flores-Aguilar, U., Ventura, D.R., Macedo-Porcayo, E., Rojo-Rubio, R. 2016. Diagnóstico de resistencia al Albendazol sulfóxido en ovejas y cabras, en la provincia de Matanzas. Pastos y Forrajes 39(4): 286-290.

Benchaoui, H.A., Scott, E.W., McKellar, Q.A. 1993. Pharmacokinetics of albendazole, albendazole sulphoxide and netobimin in goats. J Vet Pharmacol Ther 16: 237-240. doi: 10.1111/j.1365-2885.1993.tb00169.x.

Bosco, A., Kießler, J., Amadesi, A., Varady, M., Hinney, B., Ianniello, D., Maurelli, M.P., Cringoli, G., Rinaldi, L. 2020. The threat of reduced efficacy of anthelmintics against gastrointestinal nematodes in sheep from an area considered anthelmintic resistance free. Parasites Vectors 13: 457. doi:10.1186/s13071-020-04329-2

Delatour, P., Benoit, E., Garnier, F., Besse, F. 1990. Chirality of the sulphoxide metabolites of fendendazole and albendazole in sheep. J Vet Pharmacol Ther 13: 361-366. doi: 10.1111/j.1365-2885.1990.tb00790.x.

Emery, D.L., Hunt, P.W., Le Jambre, L.F. 2016. Haemonchus contortus: the then and now, and where to from here? Int J Parasitol 46: 755-769. doi: 10.1016/j.ijpara.2016.07.001

González-Garduño, R., López-Arellano, M.E., Ojeda-Robertos, N., Liébano-Hernández, E., Mendoza-de Gives, P. 2014. Diagnóstico in vitro y en campo de resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de pequeños rumiantes. Arch Med Vet 46, 399-405. doi: 10.4067/S0301-732X2014000300008

Halvarsson, P., Höglund, J. 2021. Sheep nemabiome diversity and its response to anthelmintic treatment in Swedish sheep herds. Parasit Vectors 14: 114. doi: 10.1186/s13071-021-04602-y

Hamer, K., McIntyre, J., Morrison, A.A., Jennings, A., Kelly, R.F., Leeson, S., Bartley, D.J., Chaudhry, U., Busin, V., Sargison, N. 2019. The dynamics of ovine gastrointestinal nematode infections within ewe and lamb cohorts on three Scottish sheep farms. Prev Vet Med 171: 104752. doi: 10.1016/j.prevetmed.2019.104752

Herrera-Manzanilla, F.A., Ojeda-Robertos, N.F., González-Garduño, R., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. 2017. Gastrointestinal nematode populations with multiple anthelmintic resistance in sheep farms from the hot humid tropics of Mexico. Vet Parasitol Reg Stud Rep 9: 29-33. doi: 10.1016/j.vprsr.2017.04.007

López, R.O.A., González Garduño, R., Osorio, A.M.M., Aranda, I.E., Díaz, R.P. 2013. Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. Rev Mex Cienc Pecu 4(2): 223-234.

Macedo, B.R., Arredondo, R.V., Ramírez, R.J., García, M.L.J. 2009. ¿Envenenamiento por consumo de Asclepias curassavica o nematodiasis gastroentérica en ovinos en pastoreo? Hallazgos de un estudio de caso. Vet Mex 40(3): 275-281.

Medina, P., Guevara, F., La O, M., Ojeda, N., Reyes, E. 2014. Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nemátodos gastrointestinales. Pastos y Forrajes 37: 257-263.

Mondragón-Ancelmo, J., Olmedo-Juárez, A., Reyes-Guerrero, D.E., Ramírez-Vargas, G., Ariza-Román, A.E., López-Arellano, M.E., Mendoza de Gives, P., Napolitano, F. 2019. Detection of gastrointestinal nematode populations resistant to albendazole and ivermectin in sheep. Animals 9: 775. doi: 10.3390/ani9100775

Naeem, M., Iqbal, Z., Roohi, N. 2021. Ovine haemonchosis: a review. Trop Anim Health Prod 53: 19. doi: 10.1007/s11250-020-02439-8

Pereira-Junior, R.A., Sousa, S.A.P., Veloso, F.P.F.S., Silva, L.A., Almeida, K.S. 2017. Eficácia de ivermectina e albendazol contra nematódeos gastrintestinais em rebanho ovino naturalmente infectado no município de Palmas-TO, Brasil. R Cient Eletr Med Vet XIV(28): 1-10.

Pérez-Bautista, J.J., Martínez-Martínez, R., Hernández-Mogica, M., González-Lemus, M.T., Austria-Hernández, I.J., Mendoza-Pedroza, S.I. 2021. Identificación y conteo de parásitos gastrointestinales en ovinos Dorper, en Atlapexco, Hidalgo, México. Ecosist Recur Agropec 8(II): e2873. doi: 10.19136/era.a8nII.2873

Quiroz, R.H. 2008. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. México DF: LIMUSA. 876 p.

Romero, A., García, J.A., Castells, D., Gayo, V., Dutra, Q.F. 2022. Strongyloidiasis (Strongyloides papillosus) in lambs in Uruguay. Vet Parasitol Reg Stud Rep 31: 100737. doi: 10.1016/j.vprsr.2022.100737

Smith, D., Price, D.R.G., Burrells, A., Faber, M.N., Hildersley, K.A., Chintoan-Uta, C., Chapuis, A.F., Stevens, M., Stevenson, K., Burgess, S.T.G., Innes, E.A., Nisbet, A.J., McNeilly, T.N. 2021. The development of ovine gastric and intestinal organoids for studying ruminant host-pathogen interactions. Front Cell Infect Microbiol 11: 733811. doi: 10.3389/fcimb.2021.73381

Thienpont, D., Rochette, F., Vanparijs, O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Beerse, Bélgica: Janssen Research Foundation. 187 p.

Valcárcel, S.F. 2009. Atlas de parasitología ovina. Zaragoza, España: Grupo Asis Biomedia. 152 p.

Viney, M. 2017. Strongyloides. Parasitology 144: 259-262. doi: 10.1017/S0031182016001773

ACTIVIDAD DEPREDADORA DE UN AISLAMIENTO DEL HONGO *Arthrobotrys musiformis* OBTENIDO DE SUELO DE CUERNAVACA, MORELOS CONTRA EL NEMATODO *Haemonchus contortus*

Jessica Jaramillo-Tlalapango, Pedro Mendoza-de Gives*, Rosa Isabel-Higuera-Piedrahita, Ana Yuridia Ocampo-Gutiérrez, María Eugenia-López-Arellano, Gustavo Pérez-Anzúrez y Agustín Olmedo-Juárez

Resumen

Los hongos nematófagos (HN) son enemigos naturales de nematodos del suelo, los HN desarrollan trampas para capturar, destruir y alimentarse de nematodos. El género *Arthrobotrys* ha sido identificado en una diversidad de sustratos y en distintos ecosistemas. Este hongo ha sido consoderado como un mienbro regular de la biota del suelo, donde tiene diversos papeles ecológicos particularmente como organismo regulador de las poblaciones de nematodos. La especie *A. musiformis* desarrolla redes adhesivas de anillos tri-dimensionales con los que captura y se alimenta de los nematodos del suelo.

Por otra parte, el nematodo *Panagrellus redivivus* (*Pr*) es un nematodo de vida libre que ha sido como un importante modelo biológico de estudio en distintas pruebas para determinar el potencial nematicida de hongos nematófagos. El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad depredadora de una cepa mexicana del hongo *A. musiformis* contra el nematodo *Pr*. El HN se aisló de suelo del área ecológica "Parque estatal urbano barranca de Chapultepec" en Cuernavaca, Morelos. Se llevó a cabo una prueba de depredación in vitro en cajas de Petri con agua agar en donde se agregaron 250 juveniles del nematodo *P. redivivus* (n=10) y se dejaron incubar durane 10 días a temperatura de laboratorio (18-25ºC). Transcurrido este tiempo los nematodos que no fueron depredados se recuperaron mediante la técnica del embudo de Baermann durante 24 h. Un grupo control sin hongos solamente con nematodos fue utilizado como patrón de comparación. El hongo mostró una capacidad depredadora del 99 %±0.5 ($p<0.05$). Este experimento formó parte de un proyecto encaminado a determinar el potencial de A. musiformis para el control de nematodos de importancia pecuaria y agrícola.

Introducción

Los nematodos ocupan un lugar importante en el suelo ya que sus poblaciones son consideradas como las más abundantes en la naturaleza (van den Hoogen et al. 2019). Existen otros grupos de microorganismos cuyo papel fundamental es regular las poblaciones de nematodos en el suelo y que incluyen bacterias, protozoarios, ácaros, virus, nematodos caníbales o nematodos depredadores de nematodos; así como un grupo de hongos conocido como "hongos nematófagos" (Mendoza-de Gives, 2022; Bhat et al., 2023). Los hongos nematófagos son microorganismos del suelo y otros sustratos en la naturaleza que son antagonsitas naturales de nematodos y que actúan transformando sus micelios en trampas para atrapar y alimentarse de nematodos del suelo (De Freitas Soares et al., 2018). Estos organismos se encuentran distribuidos en todos los ecosistemas terrestres y aquíferos, desde los trópicos hasta la antártida (Neher, 2010; Jiang et al., 2017). Los hongos nematófagos fueron descubiertos desde el siglo XIX (Corda, 1839; Fresenius, 1852; Zoft, 1888). Actualmente se conocen más de 700 especies de hongos nematófagos, la mayoría reportados como organismos depredadores de parásitos (Jiang *et al*. 2017). El hongo *Arthrobotrys musiformis* es un hongo nematófago ámpliamente estudiado como un agente potencial de control en distintas pruebas con nematodos de importancia pecuaria y agrícola. No obstante poco se ha estudiado sobre el potencial de sus compuestos producto del metabolismo. Por otro lado, en lo que respecta a los nematodos del suelo, existen distintos grupos de nematodos clasificados de acuerdo con sus hábitos alimenticios y adaptativos a distintas condiciones ambientales; pudiendo haber nematodos de vida libre, nematodos parásitos de plantas y animales e inclusive nematodos parásitos del hombre (Gaugler & Bilgrami, 2004; Hodda, 2022). El nematodo *Haemonchus contortus* es considerado como

* *Pedro Mendoza de Gives. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Boulevard Paseo Cuauhnahuac No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. México CP 52550. pedromdgives@yahoo.com, Tel +52 73 192860 X 124.

uno de los principales agentes patógenos en pequeños rumiantes alrededor del mundo (Hou et al., 2023). El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad depredadora de un aislamiento del hongo *Arthrobotrys musiformis* obtenido de suelo de Cuernavaca, Morelos contra larvas infectantes del nematodo *H. contortus.*

Materiales y Métodos

Localización

Este experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Helmintología del CENID-SAI del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Jiutepec, Morelos.

Obtención del material biológico

Obtención de la cepa del Hongo nematófago

Las muestras de suelo se obtuvieron del Parque Estatal Urbano Barranca de Chapultepec, este se encuentra ubicado en el Municipio de Cuernavaca, en el Eje Neovolcánico Transversal y en el límite sur con la Sierra Madre del Sur, entre las coordenadas extremas UTM X= 477,744.51, Y= 2'091,940.09; X= 478,108.98, Y= 2'090,687.74 en México (SEGOB, 2023) (Figura 1).

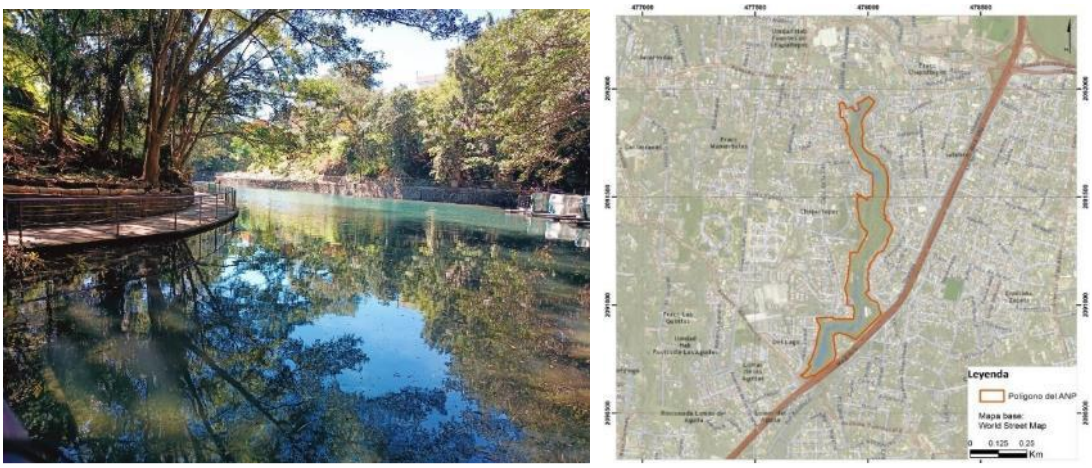


Figura 1. Fotografías mostrando el Parque Ecológico de Chapultepec, ubicado en el Municipio de Cuernavaca Morelos en México.

Aislamiento del hongo nematófago a partir de las muestras de suelo.

Se tomaron 4 muestras de suelo de hojarasca en sitios cercanos a la ribera de una afluente del río Apatlaco dentro de parque. Se preparó un stock de cajas Petri con agar bacteriológico (20g/L). Para llevar a cabo la selección y aislamiento de hongos nematófagos, se empleó la técnica de espolvoreado en placa de Petri la cual consistió en espolvorear la tierra de la zona muestreada en la caja con agar bacteriológico, se dejó incubar 7 días a temperatura ambiente (Barron, 1977). El monitoreo se llevó a cabo bajo observación en el microscopio cada día observando el crecimiento fúngico. Para estimular el desarrollo de estructuras de depredación del hongo, se agregaron nematodos para actuar como carnada y poder observar el desarrollo de estructuras aereas para su aislamiento.

Obtención del nematodo *Haemonchus contortus*

Para la obtención de este nematodo se utilizaron ovinos de 4 meses de edad y libres de parásitos. El ovino donante del nematodo *H. contortus* se infectó artificialmente con 350 larvas (L3) por Kg, se dejó transcurrir el

periodo prepatente durante 21 días. Para obtener las larvas L3 se realizó la técnica de coprocultivo que consistió en recolectar las heces del ovino durante 24 horas en una palangana, las heces se trituran y se homogenizan con agua y hule espuma, el coprocultivo se mantuvo húmedo y tapado para permitir que los huevos contenidos en las heces se desarrollen hasta larvas infectantes (L3) durante 7 días (Bowman, 2020). Por último, se formaron pequeños muñones hechos con gasa colocando la muestra del coprocultivo. Para obtener larvas (L3) se utilizó la técnica de embudo de Baermann, en esta se colocaron los embudos con un tubo de ensayo en la parte inferior y en la parte superior se colocaron los muñones, el embudo se llenó con agua de la llave hasta cubrir la mayor parte del muñón. Las larvas migran por gravedad unitaria y fototropismo positivo a la luz, estas se depositan en el fondo del tubo de ensayo donde se almacenan y se colectan durante 24 Horas. Las larvas recolectadas se colocaron en tubos falcón de 50 mL y posteriormente se almacenaron a 4°C. Las larvas L3 de H. contortus se lavaron en un gradiente de densidad con sacarosa al 40%, en esta metodología se colocó 1 mL de larvas (L3) concentradas sobre un gradiente de sacarosa al 40%, se centrifugó a 3500 rpm por 3 min. Y posteriormente se lavaron por triplicado a 3500 rpm durante 3 min. Las larvas limpias se cuantificaron y se utilizaron para llevar a cabo confrontaciones con los bioensayos correspondientes.

Evaluación de la actividad depredadora de la cepa de *Arthrobotrys musiformis* (aislado Chapultepec) contra larvas infectantes de *Haemonchus contortus*

En un stock de cajas Petri con medidas de 60x15 mm con agar bacteriológico se realizó la siembra de la cepa purificada del hongo *A. musiformis*, esta se dejó cultivar durante 10 días en un ambiente estéril y a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo, se recolectaron y cuantificaron larvas infectantes de *H. contortus* (L3) y se agregaron 150 larvas L3 del nematodo en cada una de las cajas Petri con el hongo y en las cajas sin el hongo y se mantuvieron en confrontación por 10 días a temperatura de laboratorio (18-25ºC). Transcurrido el periodo de confrontación, el agar junto con los nematodos fue recuperado colocándolo en un embudo de la técnica de Baermann. Las muestras de agar con los nematodos se dejaron en los embudos durante 24 horas para que las larvas que no fueron capturadas por el hongo emigraran al fondo del tubo de ensaye. Las larvas capturadas por el hongo son destruidas y degradadas por lo que no pueden ser recuperadas. Transcurrido este tiempo se realizaron las lecturas que consistieron en la cuantificación de larvas recuperadas de cada muestra de agar de cada placa de petri. Para las lecturas, el volúmen de los tubos fue reducido a 2 mL y se llevó a cabo la toma de 10 alícuotas de 5 μl cada. Para obtener muestras representativas, el contenido de los tubos se homogenizó utilizando un Vórtex. Posteriormente, se tomaron 10 alícuotas (10μl) que fueron depositadas en laminillas para su cuantificación en el microscopio compuesto (objetivos 10X 7 40X). Se registraron los datos y se obtuvieron los porcentajes de larvas recuperadas de cada tratamiento. Cabe destacar que este procedimiento se realizó por triplicado para cumplir con el requisito de la repetibilidad.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis para comparar cada tratamiento con su propio control de manera individual utilizando como estadístico de prueba una t de student. Se consideró al promedio de larvas recuperadas en cada tratamiento como la variable dependiente. Se utilizó un nivel de confiabilidad de $p \leq 0.01$.

Resultados

En el grupo tratado donde se hicieron interactuar los nematodos con el hongo, se recuperó un promedio de 75 ±32.5 larvas infectantes del parásito; mientras que en el grupo control se recuperó en promedio 298.3 larvas lo que significó un 74.8% de mortalidad atribuída al efecto depredador del hongo *A. musiformis* ($P \leq 0.05$).

Discución

Los resultados de la actividad depredadora del hongo bajo estudio, mostraron importantes porcentajes de actividad en contra de los dos nematodos “presa” evaluados. Cabe mencionar que al momento de las lecturas (después de 10 días de interacción) se observó un mayor porcentaje de depredación con el nematodo *P. redivivus* (99%) que con *H. contortus* (<80%). A este respecto es importante considerar que existen algunas diferencias en la conformación de ambas especies de nematodos y que podrían influir en la capacidad depredadora de un hongo nematófago. El nematodo *P. redivivus* es un nematodo de vida libre y como tal posee

una cutícula externa sencilla (Ferris, 2012); mientras que las larvas infectates de *H. contortus* poseen una doble cutícula protectora conocida como “vaina” que le confiere a este estadio del parásito una protección contra las adversidades en su entorno microbiológico (Feterrer and Rhoads, 1966; Yang et al., 2017; Niciura et al., 2023). No obstante, en otras investigaciones utilizando otras cepas de *A. musiformis* se ha reportado actividades de entre 57.54% y 71.54% aproximadamente contra larvas infectantes de *H. contortus* (Angeles-Hernández et al., 2021; Pérez-Anzurez et al., 2022). Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio. El hongo *A. musiformis* ha sido evaluado en algunos trabajos utilizando ovinos y bovinos parasitados con nematodos gastrointestinales como un agente de control biológico. En estos trabajos se han administrado el material fungal por vía oral en los animales y se han reportado reducciónes de entre el 97.99 y 99.95% en la población de larvas infectantes de estos parásitos en las heces, que es considerada como la fuente principal de dispersión de las infecciones parasitarias en los animales mantenidos bajo condiciones de pastoreo (Cai et al., 2017).

Conclusión

Bajo las condiciones en que el presente estudio fue llevado a cabo los resultados nos permiten concluir que el aislado “Chapultepec” del hongo A. musiformis poseee una importante actividad depredadora y es un candidato a ser evaluado desde distintas perspectivas para determinar su potencial como agente de control de la hemoncosis en pequeños rumiantes.

Referencias

1. Angeles-Hernández, S., Torres-Hernández, G., Alonso-Díaz, M. A., von Son-de-Fernex, E.,
2. Barron, G.L. (1977) The Nematode Destroying Fungi, Topics in Microbiology Department of Environmental Biology, University of Guelph, Canada. Canadian Biological Publications, 144: 100-150.
3. Bhat, A.A.; Shakeel, A.;Waqar, S.; Handoo, Z.A.; Khan, A.A. (2023) Microbes vs. Nematodes: Insights into Biocontrol through Antagonistic Organisms to Control Root-Knot Nematodes. Plants 12, 451. https://doi.org/10.3390/ plants12030451
4. Bowman, D. D. (2020). *Georgis' Parasitology for Veterinarians E-Book*. Elsevier Health Sciences.
5. Cai, K. Z., Wang, B. B., Xu, Q., Liu, J. L., Wang, K. Y., Xue, Y. J. & Ma, Z. R. (2017) In vitro and in vivo studies of nematophagous fungi *Arthrobotrys musiformis* and *Arthrobotrys robusta* against the larvae of the trichostrongylides. Acta Parasitologica, 62, 666-674.
6. Corda, A.K.J. (1839). Pracht-Flora Europaeischer Schimmelbildungen; G. Fleischer: Leipzig, Germany; p. 43
7. De Freitas Soares, F.E.; Sufiate, B.L.; de Queiroz, J.H. Nematophagous fungi: Far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. Agric. Nat. Resour. 2018, 52, 1–8.
8. Ferris, H. (2012). The beer mat nematode, *Panagrellus redivivus*: A study of the connectedness of scientific discovery. Journal of Nematode Morphology and Systematics, 12(1), J. Nematode Morphol. Syst., 12 (1): 19–25 (2009). Retrieved from https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/jnms/article/view/769
9. Fetterer, R. H., Rhoads, M.L., 1996. The role of the sheath in resistance of *Haemonchus contortus* infective-stage larvae to proteolytic digestion. Vet Parasitol. 64 (4), 267-76. https://doi.org/10.1016/0304-4017(95)00926-4
10. Fresenius, G. (1863). Beiträge zur mykologie.
11. Gaugler, R., & Bilgrami, A. L. (Eds.). (2004). *Nematode behaviour*. CABI.
12. Hodda M. Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species. Zootaxa. 2022 Mar 10;5114(1):1-289. doi: 10.11646/zootaxa.5114.1.1. PMID: 35391386.
13. Hou, B., Hai, Y., Buyin, B., & Hasi, S. (2023). Research progress and limitation analysis of RNA interference in *Haemonchus contortus* in China. Frontiers in Veterinary Science, 10.
14. Jiang, X., Xiang, M., & Liu, X. 2017. Nematode-trapping fungi. Microbiology Spectrum, 5(1), 1-12.
15. Mendoza de Gives, P. (2022) Soil-Borne Nematodes: Impact in Agriculture and Livestock and Sustainable Strategies of Prevention and Control with Special Reference to the Use of Nematode Natural Enemies. Pathogens 2022, 11, 640. https://doi.org/10.3390/ pathogens11060640.
16. Neher, D.A. 2010. Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. Annual Review of Phytopathology 48: 371-394.
17. Niciura SCM, Minho AP, McIntyre J, Benavides MV, Okino CH, Esteves SN, et al. In vitro culture of parasitic stages of *Haemonchus contortus*. Braz J Vet Parasitol 2023; 32(1): e010122. https://doi.org/10.1590/S1984-29612023005
18. Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M.Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., Mendoza-de Gives, P., 2022. *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) Kills *Haemonchus contortus* Infective Larvae (Trichostronylidae) through Its Predatory Activity and Its Fungal Culture Filtrates. Pathogens. 11 (10), 1068. https://doi.org/10.3390/pathogens11101068
19. van den Hoogen, J., Geisen, S., Routh, D., Ferris, H., Traunspurger, W., Wardle, D.A., de Goede, R.G.M., et al. 2019. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. Nature 572:194-198.
20. Yang, Y., Guo, X., Zhang, H. et al. Characterization of the development of *Haemonchus contortus* ZJ strain from gerbils. Parasites Vectors 10, 505 (2017). https://doi.org/10.1186/s13071-017-2465-1
21. Zopf, W. (1888) Zur Kenntnis der Infektionskrankheiten niederer Thiere und Pflanzen. Nova Acta Acad. Caes. Leop. Carol.German.Nat.Cur. 52:314-376.

EFECTO DEPREDADOR DEL HONGO *Arthrobotrys oligospora* Y EFECTO LETAL DE SUS FILTRADOS LÍQUIDOS CONTRA *Haemonchus contortus*

Bahena N.D.S., Ocampo G.A.Y., Mendoza-de G.P.*, Higuera P.R.I., Pérez A.G., Olmedo J.A, López A.Ma.E. y Jesús Hernández R.J.

Resumen

Las nematodiasis gastrointestinales afectan serveramente la salud de rebaños de pequeños rumiantes y se refleja en importantes pérdidas en el potencial productivo de los animales. Los productores ven afectada su economía al tener estas enfermedades en sus rebaños por lo que se ven obligados a recurrir al uso de drogas antiparasitarias que muchas veces no funcionan adecuadamente debido a la resistencia antihelmíntica en contra de fármacos químicos que se manifiesta en los parásitos. Por otro lado, el uso y abuso de estas drogas puede traer como consecuencia la presencia de residuos contaminantes en la carne, leche y derivados de la industria pecuaria, lo que se convierte en un riesgo potencial de salud pública, además de que dañan la biota del suelo trayendo consigo consecuencias ambientales de gran magnitud. Una alternativa a estos problemas es el uso de los hongos nematófagos, que son considerados de gran ayuda en el control biológico de estos parásitos debido a su capacidad para atrapar y consumir nematodos en el suelo y además sintetizar metabolitos secundarios que ayudan a matar y controlar a los nematodos de vida libre, fitopatógenos y patógenos. El objetivo principal de este trabajo fue: evaluar la actividad depredadora y la actividad nematicida de filtrados de cultivos líquidos *in vitro* de un hongo nematófago de la especie *Arthrobotrys oligospora* contra larvas infectantes del nematodo hematófago *Haemonchus contortus*. El hongo se aisló de muestras de suelo tomadas al pie de un árbol de *Ficus carica* infectado con *Meloidogyne incognita*. La zona de muestreo fue llevada a cabo en Tepalcingo, Morelos. Se realizó la evaluación de la actividad depredadora y nematicida de los filtrados líquidos de los cultivos en caldo papa dextrosa (CPD) de este hongo. Como resultado se obtuvo un hongo nematófago identificado como *A.* (*Orbilia*) *oligospora*, mostrando una actividad depredadora del 73.64% ± 2.65 en contra de este nematodo. Los resultados de mortalidad larval evaluada en líquidos filtrados obtenidos a partir de cultivo en CPD mostraron los siguientes porcentajes a una concentración de 100mg/mL: 41.8 % y 55.32% a las 48 y 72 horas respectivamente. El hongo nematófago *A. oligospora* cultivado en el medio CPD muestra un importante efecto letal contra el nematodo *H. contortus* y podría ser considerado en trabajos futuros como una herramienta potencial de control de la hemoncosis y de otras nematodiasis que afectan al rebaño.

Introducción

Las nematodiasis gastrointestinales (NGI) son uno de los principales problemas que afectan severamente a los pequeños rumiantes. *Haemonchus contortus* es uno de los nematodos de mayor relevancia debido a su poder patógeno, ya que se alimenta de sangre en su estado adulto y pre-adulto ven el abomaso de los animales, provocando anemia, pérdida de apetito y en corderos jóvenes gravemente parasitados pueden llegar a la muerte. La hemoncosis ha sido enfrentada por los productores mediante el uso continuo y frecuente de drogas químicas antihelmínticas (AH); sin embargo, estas han ocasionado resistencia antihelmíntica, daños al ambiente y a la salud en los animales e inclusive en la población humana que consume carne, leche y subproductos (Langhansová et al., 2021; Batista et al., 2023). Estos problemas obligan a investigadores a la búsqueda de nuevos compuestos naturales e inocuos para plantas, animales y el hombre. El control biológico es una rama muy útil en el control de *H. contortus*. Algunos organismos que se han estudiado contra nematodos son: bacterias (Pires et al., 2022), protozoarios (Nemaplex, 2023) ácaros, (Aguilar-Marcelino, 2014), nematodos depredadores (Bilgrami, 2008) y hongos nematófagos (Mendoza y Torres, 2012).

* *Pedro Mendoza de Gives. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Boulevard Paseo Cuauhnahuac No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. México CP 52550. pedromdgives@yahoo.com, Tel +52 73 192860 X 124.

Los hongos nematófagos (HN) tienen la capacidad de atrapar y digerir las formas libres de los nematodos, la mayoría de estos hongos pueden vivir como saprófitos. Se cree que estos organismos al encontrarse en hábitats con limitantes de sustancias nutritivas emplean a los nematodos como fuente de alimento (Mendoza de Gives et al., 2022). El hongo nematófago *Duddingtonia flagrans* entra en contacto con proteínas de descamación de la epidermis del nematodo, a la cual se le ha nombrado "nemina", enviando una señalización para la formación de trampas en el micelio (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2012) estas captan, adhieren y consumen a nematodos (Zhu et al., 2022). Otra de las grandes razones en el estudio de estos hongos, es la capacidad voraz para controlar a nematodos en el campo administrándose como controladores biológicos (Nordbring-Hertz, 2011).

Los nematodos presentan barreras protectoras en la cutícula, esta es crucial en la movilidad, mantenimiento de la integridad morfológica y en la protección contra enemigos naturales y factores ambientales, tiene tres capas: cortical, media y basal. La superficie de la epidermis está constituida por carbohidratos y proteínas involucradas en el reconocimiento y especificidad de las interacciones con diversas especies de hongos (Morton et al., 2004). El mecanismo de esta interacción no está del todo dilucidado. La complejidad de la cutícula sugiere un mecanismo sinérgico en el que; sin duda, se requiere de una intensa actividad enzimática, así como eventos mecánicos y otros compuestos bioactivos (Huang et al., 2004; Wang et al., 2006; Yang et al., 2005).

Los metabolitos producidos por hongos nematófagos también presentan actividades biológicas incluyendo actividad antioxidante, antimicrobiana, anitocancerígenas y nematicidas (Degenkolb y Vilcinskas, 2016). Los metabolitos encontrados en HN principalmente en el género *Arthrobotrys* pertenecen a diversas familias estructurales, tales como péptidos, sideróforos, alcoholes grasos, amidas de ácidos grasos y además se sugiere que la expresión de estos puede ser especie-específico (Kuo et al., 2020).

Debido a la problemática presentada por los antihelmínticos comerciales, es importante aislar y caracterizar compuestos naturales con actividad nematicida, es por esto que en el presente estudio el principal objetivo fue evaluar la actividad depredadora in vitro de un aislado del hongo *A. oligospora*, además de evaluar la actividad nematicida de filtrados líquidos de este hongo contra larvas infectantes del nematodo *H. contortus.*

Materiales y métodos

Localización

Este proyecto fue llevado a cabo en el Laboratorio de Helmintología, ubicado en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Progreso, Jiutepec, Morelos México.

Aislamiento de hongos nematófagos:

Zona de muestreo

El muestreo se llevó a cabo dentro del Municipio de Tepalcingo Morelos, el cual se ubica geográficamente a 98°de longitud oeste y los paralelos de 18° 26' de latitud norte con respecto al meridiano de Greenwich. Limita con otros lugares, entre los que se encuentran los municipios de Ayala y Jonacatepec al norte, Tlaquiltenango y el estado de Puebla en la región sur, Axochiapan y Jonacatepec en la parte oriental, y finalmente al oeste limita nuevamente con Ayala y Tlalquitenango.

Obtención de *Haemonchus contortus*

Un cordero joven de 3 meses de edad, libre de parásitos fue infectado por vía oral con 350 larvas infectantes de *H. contortus* por kg de peso. Después de 21 días del periodo prepatente las heces de este animal fueron colectadas en una palangana para la elaboración de coprocultivos (Olmedo-Juárez et al., 2022). Los coprocultivos fueron incubados a temperatura ambiente por un periodo de 7 días, durante este periodo se fue agregando una cantidad controlada de agua para obtener una homogeneidad de las heces y sobre todo para

evitar que las larvas se murieran. Posteriormente, se realizaron muñones con gasa envolviendo las heces para colocar los bultos con este material en embudos de Baermann acoplados a tubos de ensayo, para que las larvas presentes en las heces salieran con el movimiento y migraran por su peso hacia abajo hasta llegar a la base de los tubos mediante la técnica de Baermann (migración activa de las larvas). Los muñones se dejaron 24 horas en los embudos. Pasadas las 24 h se recolectó el líquido proveniente del tubo de ensayo, se filtró, después se realizaron lavados con agua destilada y sacarosa para eliminar algún residuo que estas pudieran tener (Jasso-Díaz et al., 2022). Finalmente se realizó la cuantificación de larvas recuperadas mediante la toma de 10 alícuotas de 5 μL colocándolas en un portaobjetos. Las alícuotas fueron revisadas bajo un microscopio compuesto (aumentos 10x y 40x).

Obtención y aislamiento de hongos nematófagos a partir de muestras de suelo

Se llevó a cabo un muestreo de suelo en el Municipio de Tepalcingo, Morelos. El sitio de muestreo seleccionado correspondió al pié de un árbol de higo (*Ficus carica*) infectado con el nematodo agallador del jitomate *Meloidogyne incognita*. El muestreo se realizó con una pala, ya que se excavo un área de aproximadamente 10 cm de profundidad para la toma de muestra. Posterior a la excavación se tomó la muestra y se colocó en una bolsa de plástico la cual se mantuvo almacenada a temperatura ambiente.

Aislamiento del hongo nematófago

Se preparó un stock de cajas Petri con agar-bacteriológico, para su elaboración se emplearon 10 g de agar disueltos en 500 mL de agua destilada, dichas cajas fueron empleadas para el sembrado de la muestra de suelo tomada en Tepalcingo, Morelos. La muestra de suelo tomada se espolvoreó en las cajas para que se generara el crecimiento del hongo, después de una semana a cada una de las cajas inoculadas se les agregaron nematodos de la especie *P. redivivus* y finalmente se dejaron almacenadas por una semana a temperatura ambiente (Figura 1).

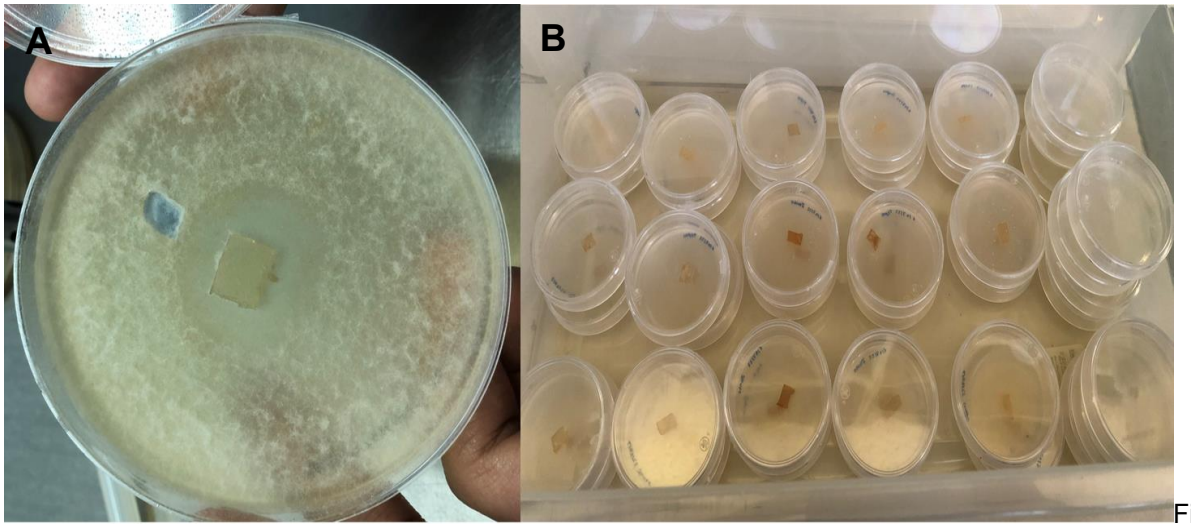


Figura 1. Desarrollo del hongo *Arthrobotrys oligospora* crecido en placas con medio Agar Papa Dextrosa (A) y en placas experimentales en agar agua (B).

Posteriormente, se preparó el medio de cultivo Agar Papa y Dextrosa (PDA), con la finalidad de purificar el hongo. Para ello, se lavaron, pelaron y picaron 100 g de papa orgánica, se añadieron 10 g de dextrosa y 10 g de agar, y se disolvieron en un volumen final de 500 mL de medio. Dicho medio se esterilizó en autoclave y posteriormente se vacío en cajas Petri, estas fueron utilizadas para realizar pases y continuar con el crecimiento del hongo. De igual forma se agregaron nematodos de la especie *P. redivivus* que ayudaron a la visualización de las estructuras características de un hongo del género *Arthrobotrys*, como la formación de conidios y órganos de captura.

Identificación mediante taxonomía tradicional

Se tomó una muestra del hongo ya purificado, se colocó en un portaobjetos y se observó al microscopio, lo que fue fundamental para identificar características esenciales del hongo (conidios, septo, redes adhesivas, entre otras) (Figura 2). Con la información recabada con la medición de estructuras y mediante la utilización de claves de identificación taxonómicas descritas por De Hoog, 1985 y Zhang et al., 2022 se realizó la identificación del género y especie del hongo aislado.

Evaluación de la actividad depredadora

Se aisló un inoculo del hongo nematófago ya purificado en stock de cajas Petri con dimensiones de 60x15 mm, para ello se utilizó medio de cultivo bacteriológico. Se dejaron crecer las cajas por 10 días a temperatura ambiente y posteriormente se agregó una cantidad controlada de larvas infectantes de *H. contortus* (L3) estas se mantuvieron en confrontación con el hongo por 10 días. Después de haber transcurrido ese periodo, el contenido de cada una de las cajas Petri se recuperó mediante el empleo de Embudos de Baermann y tubos de ensayo (Valcárcel-Sancho, 2009). Dicha técnica se realizó para recuperar las larvas no depredadas y con ello realizar una cuantificación de lo recuperado en cada uno de los tubos de ensayo, para ello se realizó una observación en el microscopio para analizar la interacción que hubo entre las larvas y el hongo nematófago, dicho procedimiento se realizó por triplicado para poder cumplir con el requisito de la repetibilidad.

Preparación de líquidos filtrados, concentrado y liofilizado en medio caldo papa y dextrosa

De las cepas puras del hongo *A. oligospora* se tomaron tres discos de aproximadamente 7 mm de diámetro por 1 cm de espesor de la superficie del agar correspondiente a un cultivo en placa del hongo de 7 días de edad en PDA. Estos discos fueron transferidos al medio CPD. Los cultivos se mantuvieron en el laboratorio a temperatura ambiente (25-28ºC) durante 15 días, posteriormente se realizó un filtrado con los siguientes filtros: papel filtro para café, papel Whatman #4 (25 µm) y filtros para jeringa tipo pirinola de 2 y 0.22 µm. Este filtrado se llevó a cabo con la finalidad de separar a todos los conidios y material fungal presentes en el filtrado. Posteriormente, los filtrados líquidos fueron concentrados en un rotaevaporador (R-300 de la marca BUCHI), para después ser llevados a un ultracongelador a -20°C (Reach-ins vertical freezer, modelo MBF8501GR) y finalmente liofilizados (Labconco FreeZone™ Freeze-Dry Systems Modelo 7750020) (Pérez-Anzúrez et al., 2022).

Evaluación de la actividad nematicida de líquidos filtrados

Se pesó el filtrado liofilizado de la cepa de *A. oligospora* cultivado en medio CPD. Posteriormente, se montó un bioensayo en placas de cultivo ELISA de 96 pozos. La prueba se ajustó a un volumen final de 100 µL, colocando 150 Larvas L3 de *H. contortus* por tratamiento (Olmedo-Juárez et al., 2017), con tres diferentes concentraciones (25, 50 y 100 mg/mL). El bioensayo fue llevado a cabo por triplicado. En cada uno de los bioensayos se colocaron controles negativos (tratamiento liofilizado sin la cepa de *A. oligospora*, controles de agua destilada) y tratamientos del liofilizado del hongo. Las placas fueron incubadas a 48 y 72 horas, posterior a ese tiempo se realizaron las lecturas de cada una de las placas, para ello se colocaron 2 líneas de 50 µL cada una en un portaobjetos y se prosiguió a dar lectura de manera individual a cada uno de los pozos para cuantificar las larvas vivas y muertas (Castañeda-Ramírez et al., 2016).

Análisis estadístico

El efecto depredador del aislado de *A. oligospora* en contra del nematodo *H. contortus* se analizó mediante una comparación de medias utilizando la prueba de T de student pareada ($p \leq 0.05$).

Asimismo, los resultados obtenidos de la evaluación de los filtrados líquidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico IBM-SPSS versión 25, contemplando un diseño completamente al azar balanceado, usando como factor principal a la concentración y mortalidad larvaria como variable de respuesta. Los supuestos de normalidad y homocedasticidad fueron corroborados realizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Posteriormente, se llevó a cabo un Análisis de Varianza (ANOVA) seguido de una comparación múltiple de medias por el método de Tukey (α=0.05).

Resultados

Identificación morfológica

Al revisar las placas de agar-bacteriológico espolvoreadas con suelo del muestreo, se observaron algunas estructuras aéreas desarrollándose sobre la superficie del agar sugiriendo la presencia de conidióforos largos y erectos con racimos de conidios en su parte apical sugiriendo la presencia de un hongo del género *Arthrobotrys* sp. (Figura 2). Una vez que este hongo fue aislado en cultivo puro mediante pases a placas de agar-bacteriológico estériles, se midieron y registraron algunas estructuras de importancia taxonómica como son los conidios y conidióforos. Los promedios y rangos de largo y ancho de conidios; así como los promedios de largo de la base al septo se muestran en el Cuadro 1. Al revisar las estructuras taxonómicas y comparar con las guías de identificación morfométrica de hongos nematófagos se observaron conidióforos largos y erectos con la generación de conidios septados ligeramente constreñidos en el centro y dispuestos en racimo, de tipo obovoidal tipo piriforme y la presencia de redes adhesivas tridimensionales. Con esta información y las medidas registradas se llegó a la conclusión de que se trataba de la especie *A. oligospora* a la cual se le designó la clave de identificación *A. oligospora* cepa Tepalcingo-1 INIFAP.

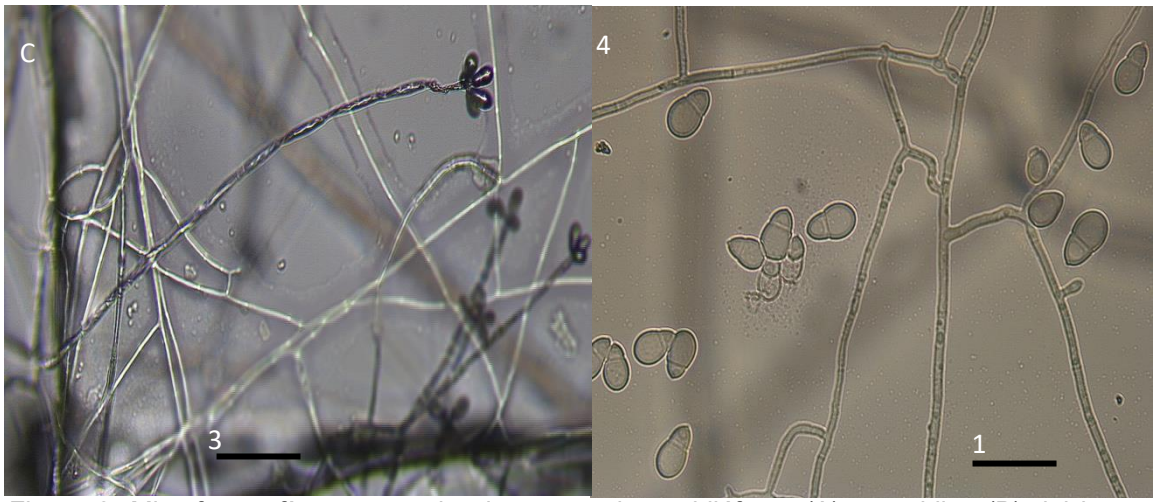


Figura 2. Microfotografías mostrando el aspecto de conidióforos (A) y conidios (B) del hongo nematófago *Arthrobotrys oligospora* aislado de Tepalcingo, Morelos.

Evaluación de la actividad depredadora

Al cuantificar las larvas recuperadas de los embudos de Baermann después de la interacción de hongos y larvas se encontró un total de 58 larvas recuperadas del grupo control, así como un promedio de larvas recuperadas del tratamiento de 15.3 ± 1.52 y un pocentaje de depredación del 73.6%.

Evaluación de la actividad nematicida de filtrados líquidos del hongo Arthrobotrys oligospora cultivado en caldo papa dextrosa contra larvas infectantes de Haemonchus contortus

El porcentaje de larvas vivas y muertas de *H. contortus* recuperadas a partir de la interacción entre los nematodos y filtrados líquidos del hongo *A. oligospora* en medio CPD, así como el porcentaje de mortalidad después de 48 y 72 horas de interacción utilizando 3 concentraciones se muestran en los Cuadros 1 y 2 respectivamente.

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad de los líquidos filtrados de la cepa *Arthrobotrys oligospora* (Tepalcingo) en contra de larvas (L3) de *Haemonchus contortus* cultivados en medio Caldo Papa Dextrosa evaluado a las 48 horas.

Cepa	LM (Larvas muertas)	LT (Larvas totales)	% de mortalidad 48 horas
Concentración 25 mg			
A. oligospora	108	601	15.1 ± 0.51
Control agua	10	650	1.5
Control papa	23	682	3.3
Concentración 50mg			
A. oligospora	228	621	34.4 ± 1.2
Control agua	10	650	1.5
Control papa	23	682	3.3
Concentración 100 mg			
A. oligospora	263	599	41.8 ± 2.7
Control agua	10	650	1.5
Control papa	23	682	3.3

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de los líquidos filtrados de la cepa *Arthrobotrys oligospora* (Tepalcingo) en contra de larvas (L3) de *Haemonchus contortus* cultivados en medio Caldo Papa Dextrosa evaluado a las 72 horas.

Cepa	LM (Larvas muertas)	LT (Larvas totales)	% de mortalidad 72 horas
Concentración 25 mg			
A. oligospora	158	266	39.4 ± 2.5
C agua	2	214	0.02
C papa	8	543	1.4
Concentración 50mg			
A. oligospora	265	513	51.1 ± 1.2
C agua	2	214	0.02
C papa	8	543	1.4
Concentración 100 mg			
A. oligospora	272	487	55.32 ± 0.2
C agua	62	214	0.02
C papa	8	543	1.4

Discusión

Identificación morfológica

Algunas especies dentro del género *Arthrobotrys* comparten características morfológicas similares que pueden llegar a confundir nuestro diagnóstico taxonómico. *Arthrobotrys oligospora* en ocasiones puede confundirse *A. conoides* y *A. cladodes*, e inclusive *A. robusta* ya que las cuatro especies presentan conidióforos de tallo largo y erecto con la presencia de conidios en racimo (de Hoog 1985). Estas especies también comparten el mismo tipo de organos de captura que son redes adhesivas de anillos tridimensionales. Es importante apoyarse de algunas mediciones particularmente del largo de conidióforos, largo y ancho de conidios, la presencia o ausencia de septos conidiales, tipo de candelabros donde se originan los conidios; además de verificar si los conidióforos son de un tallo único o son ramificados, y si estos son o no segmentados. Al revisar la superficie de los cultivos del hongo en agar con el microscopio estereoscópico (2.5x); así como con el objetivo 4X en el microscopio compuesto los conidióforos daban la apariencia de conidióforos de tallo largo y con la presencia de racimos de conidios en la parte apical, lo que indicó la presencia del género *Arthrobotrys* sp. Al revisar las

estructuras en detalle con aumentos 20 y 40X, se pudo corroborar que los conidióforos no eran ramificados como ocurre con *A. superba* (Corda, 1839), *A. cladodes* (Drechsler, 1944) y *A. amerospora* (Schenk *et al*., 1977), por lo que estos hongos fueron descartados en este paso de la identificación. Del mismo modo, otras especies como *A. conoides* presentan una morfología muy parecida a la especie *A. oligospora* (Drechsler, 1937). Otra especie que a simple vista podría llegar a confundirse con *A. oligospora* es *A. anchonia* que también produce conidióforos erectos y septados; no obstante, sus conidios son muy pequeños y la característica definitiva para diferenciar esta especie de *A. oligospora* es que esta especie produce anillos constrictores a diferencia *A. oligospora* que produce redes adhesivas de anillos tridimensionales (Drechshler, 1944). Ligeras diferencias en cuanto al tamaño y forma de los conidios y el largo de sus conidióforos, son características para diferenciar entre estas especies. Es importante mencionar que el conjunto de características de importancia taxonómica permitió llegar finalmente a clasificar el aislamiento dentro de la especie *A. oligospora* (De Hoog, 1985). Algunos trabajos donde se ha relacionado la identificación molecular de distintos géneros y especies de hongos nematófagos con las principales características fenotípicas de estos organismos han sido publicados y son considerados como útiles herramientas para contribuir a la identificación precisa de estos hongos.

Actividad depredadora

En relación a la actividad depredadora del hongo aislado se observó un resultado interesante, ya que este hongo mostró una buena actividad depredadora en contra de *H. contortus.* En este contexto hay algunas consideraciones que deben ser tomadas en cuenta y son motivo de discusión. Por ejemplo, el tiempo en el que interactuaron los nematodos con el hongo nematófago en las placas de cultivo fue de 10 días. En diversos estudios se han obtenido resultados muy variables en cuanto a la capacidad depredadora de distintos géneros y especies de hongos nematófagos incluyendo a la especie *A. oligospora* con tiempos de interacción entre hongos depredadores y nematodos "presa" de la depredación después de una interacción de entre 7, 15 e inclusive hasta 21 días (Mendoza-de Gives *et al*., 1994, 1998; Flores-Crespo *et al*., 2003). Algunos aislados de hongos nematófagos activan su característica de depredador tan pronto como estos han sido expuestos a los nematodos; otros tardan en mostrar una respuesta agresiva contra los nematodos. Por ejemplo, en un estudio se confrontaron bajo condiciones de laboratorio larvas infectantes de *H. contortus* con dos aislados de diferentes especies de hongos nematófagos y después de 7 días de incubación a 18ºC el aislado de *A. oligospora* mostró 35.87%; mientras que *A. conoides* 92.17% (Mendoza de Gives *et al*., 1994). Otro aspecto interesante es que en teoría la presencia de vaina en las larvas infectantes de nematodos parásitos del ganado incluyendo a la especie *H. contortus* es una barrera física que protege a este estadio evolutivo de las condiciones adversas en la naturaleza.

Actividad de filtrados

Con respecto a la mortalidad observada en el filtrado líquido de cultivos del hongo *A. oligospora*, se encontraron resultados interesantes, ya que por una parte se observó un efecto letal dependiente de la concentración de los filtrados; encontrándose la mayor actividad cuando se utilizó la máxima concentración de los filtrados (100 mg/mL). En el medio líquido evaluado CPD la máxima actividad nematicida registrada (55.32%) se observó a las 72 horas de exposición, seguido de 41.8% obtenido a las 48 h. Estos porcentajes son muy importantes, ya que aparentemente bajos, para un filtrado de un hongo es un resultado importante pues no se trata de un compuesto puro; sino que como cualquier filtrado de hongos se espera que contiene una gran cantidad de compuestos secundarios producidos por el hongo y estos resultados muestran evidencia de que en este filtrado existe uno o más compuestos bioactivos contra los nematodos ya que los controles tanto en agua como en medio de cultivo solo, sin el hongo mostraron una muy baja mortalidad. Por lo que la única condición a la que se le atribuye la mortalidad larval es precisamente a los compuestos presentes en el filtrado. Este estudio sienta las bases para futuros experimentos encaminados a llevar a cabo un fraccionamiento bio-dirigido para finalmente poder elucidar el o los compuestos responsables de la actividad nematicida.

Conclusión

El presente estudio logró obtener importantes resultados sobre el aislamiento de un hongo nematófago de la especie *A. oligospora* a partir de suelo de Tepalcingo, Morelos, México. Se evaluó su actividad depredadora *in vitro* contra el nematodo *H. contortus* obteniendo una máxima actividad depredadora superior al 73% después de 10 días de interacción. Asimismo, se evaluó el efecto nematicida del filtrado de cultivo líquido del hongo crecido en medio CPD. El filtrado mostró un máximo porcentaje de mortalidad del 55.32% a las 72 h. Los resultados de este estudio llevan a concluir que el hongo evaluado posee un importante potencial para ser evaluado en futuras pruebas como un importante agente de control de la hemoncosis en pequeños rumiantes.

Referencias

1. Aguilar-Marcelino, L., Quintero-Martínez, M. T., De Gives, P. M., López-Arellano, M. E., Liébano-Hernández, E., Torres-Hernández, G., & Del Prado, I. C. (2014). Evaluation of predation of the mite Lasioseius penicilliger (Aracnida: Mesostigmata) on *Haemonchus contortus* and bacteria-feeding nematodes. *Journal of Helminthology*, *88*(1), 20-23.
2. Batista LF, Oliveira LLDS, Silva FVE, Lima WDS, Pereira CAJ, Rocha RHF, Santos IS, Dias Júnior JA, Alves CA. Anthelmintic resistance in sheep in the semiarid region of Minas Gerais, Brazil. Vet Parasitol Reg Stud Reports. 2023 Jan; 37:100821. doi: 10.1016/j.vprsr.2022.100821. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36623902.
3. Bilgrami, A. L. (2008). Biological control potentials of predatory nematodes. *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*, 3-28.
4. Castañeda-Ramírez, G. S., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Marcelino, L., López-Arellano, M. E., & Hernández-Romano, J. (2016). Phylogenetic analysis of nucleotide sequences from the ITS region and biological characterization of nematophagous fungi from Morelos, Mexico. *Journal of Mycology*, *2016*.
5. Corda, A.K.J. (1839). *Pracht-Flora Europaeischer Schimmelbildungen*; G. Fleischer: Leipzig, Germany; p. 43
6. De Hoog, G.S., 1985. Taxonomy of the *Dactylaria* complex. IV. *Dactylaria*, Neta, *Subulispora* and *Scolecobasidium*. Studies in Mycology 26: 1–60.
7. Drechsler, C. (1937). Some Hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. *Mycologia* 29: 447 – 552
8. Drechsler, C. (1944). A species of *Artrobotrys* that captures springtails. *Mycologia* 36: 382-399
9. Flores-Crespo, J., Herrera-Rodríguez, M. T., De Gives, P. M., Liébano-Hernández, E., Vázquez-Prats, V. M., & López-Arellano, M. E. (2003). The predatory capability of three nematophagous fungi in the control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces. *Journal of helminthology*, *77*(4), 297-303.
10. Hoog, G.S. (1985). Taxonomy of the Dactylaria complex. IV. Dactylaria, Neta, Subulispora and Scolecobasidium – Studies in Mycology. 26: 1-60
11. Huang, X., Zhao, N., & Zhang, K. (2004). Extracellular enzymes serving as virulence factors in nematophagous fungi involved in infection of the host. *Research in Microbiology*, *155*(10), 811-816.
12. Jasso-Díaz, G., Torres-Hernández, G., Zamilpa, A., Becerril-Pérez, C. M., Ramírez-Bribiesca, J. E., Hernández-Mendo, O., & Mendoza-De Gives, P. (2022). full extract and organic phases exhibit nematocidal activity against eggs and infective larvae (L). *Helminthologia*, *59*(1), 46-54.
13. Kuo, T. H., Yang, C. T., Chang, H. Y., Hsueh, Y. P., & Hsu, C. C. (2020). Nematode-trapping fungi produce diverse metabolites during predator–prey interaction. *Metabolites*, *10*(3), 117.
14. Langhansová, L., Navrátilová, M., Skálová, L., Moťková, K., & Podlipná, R. (2021). The effect of the manure from sheep treated with anthelmintics on clover (Trifolium pratense). *Agronomy*, *11*(9), 1892.

15. Mendoza-De Gives, P, Crespo, J. F., Rodriguez, D. H., Prats, V. V., Hernandez, E. L., & Fernandez, G. O. (1998). Biological control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces by administering an oral suspension of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to sheep. *Journal of Helminthology*, *72*(4), 343-347.

16. Mendoza-de Gives, P. (2022). Soil-Borne nematodes: Impact in agriculture and livestock and sustainable strategies of prevention and control with special reference to the use of nematode natural enemies. *Pathogens*, *11*(6), 640.
17. Mendoza-de Gives, P., & Vazquez-Prats, V. M. (1994). Reduction of *Haemonchus contortus* infective larvae by three nematophagous fungi in sheep faecal cultures. *Veterinary Parasitology*, *55*(3), 197-203.

18. Mendoza-de-Gives, P., Torres-Acosta, J. F. J., & Paz, A. (2012). Biotechnological use of fungi in the control of ruminant parasitic nematodes. *Fungi: Types, Environmental Impact and Role in Disease*, *1*, 16.

19. Morton, O., Hirsch, P., & Kerry, B. (2004). Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi–a review of the application of molecular biology to understand infection processes and to improve biological control. *Nematology*, *6*(2), 161-170.

20. Nemaplex, (2023) Characteristics of Taxonomic Groups with Soil-inhabiting Forms Kingdom Protozoa Characteristics of Phylum Sarcomastigophora http://nemaplex.ucdavis.edu/Kingdoms/Protozoa.htm

21. Nordbring-Hertz, B., Jansson, H. B., & Tunlid, A. E. (2011). John Wiley & Sons, Ltd. *Chichester, UK*. Nematophagous fungi. In eLS. American Cancer Society

22. Olmedo-Juárez, A., Delgado-Núñez, E. J., Bahena-Vicencio, A., Villa-Mancera, A., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., & Mendoza de Gives, P. (2022). *In vitro* nematocidal properties from two extracts: *Lippia graveolens* leaves and *Delonix regia* flowers against eggs and infective larvae of *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, *25*(3), 329-337.
23. Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) Kills *Haemonchus contortus* Infective Larvae (Trichostronylidae) through Its Predatory Activity and Its Fungal Culture Filtrates. *Pathogens*, *11*(10), 1068.
24. Pires, D., Vicente, C. S., Menéndez, E., Faria, J. M., Rusinque, L., Camacho, M. J., & Inácio, M. L. (2022). The fight against plant-parasitic nematodes: Current status of bacterial and fungal biocontrol agents. *Pathogens*, *11*(10), 1178.
25. Schenck, S., W. B. Kendrick, and D. Pramer. 1977. A new nematode-trapping hyphomycete and a reevaluation of *Dactylaria* and *Arthrobotrys*. Canad. J. Bot. 55: 977-985.
26. Wang, M., Yang, J., & Zhang, K. Q. (2006). Characterization of an extracellular protease and its cDNA from the nematode-trapping fungus Monacrosporium microscaphoides. *Canadian Journal of Microbiology*, *52*(2), 130-139.
27. Yang, J., Huang, X., Tian, B., Sun, H., Duan, J., Wu, W., & Zhang, K. (2005). Characterization of an extracellular serine protease gene from the nematophagous fungus *Lecanicillium psalliotae*. *Biotechnology Letters*, *27*, 1329-1334.
28. Zhang, F.; Boonmee, S.; Bhat, J.D.; Xiao, W.; Yang, X.-Y. New *Arthrobotrys* Nematode-Trapping Species (Orbiliaceae) from Terrestrial Soils and Freshwater Sediments in China. J. Fungi (2022a), 8, 671. https://doi.org/10.3390/jof8070671
29. Zhu, M. C., Li, X. M., Zhao, N., Yang, L., Zhang, K. Q., & Yang, J. K. (2022). Regulatory mechanism of trap formation in the nematode-trapping fungi. *Journal of Fungi*, *8*(4), 406.

ANÁLISIS TRANSCRIPTÓMICO COMPARATIVO DE UNA CEPA ATENUADA Y UNA CEPA VIRULENTA DE *Babesia bigemina* ORIGINARIAS DE MÉXICO.

Santamaria E.R.M. [1*], Estrada K. [2], Martínez, G.G. [1], Lira A.J.J., Rojas M.C. [1], Álvarez M.J.A. [1], Sánchez F. A. [2 3], Figueroa M.J.V. [1]

[1] Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, Jiutepec, Mor., México.
[2] Unidad Universitaria de Apoyo Bioinformático, Instituto de Biotecnología, UNAM, Cuernavaca, Mor., México.
[3] Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva de DNA, Instituto de Biotecnología, UNAM, Cuernavaca, Mor., México.

Resumen: *Babesia bigemina*, es un protozoario intraeritrocitico del phylum *Apicomplexa* y es uno de los agentes etológicos de la babesiosis bovina. En nuestro país se cuenta con el sistema de cultivo *in vitro* de *Babesia* spp. establecido en el laboratorio, que permite el aislamiento, caracterización, selección y mantenimiento de cepas atenuadas que se han utilizado como vacuna viva atenuada en múltiples estudios a lo largo de 30 años de investigación. Sin embargo, actualmente se desconocen los mecanismos involucrados en el proceso de atenuación de *Babesia* spp, y es de suma importancia identificar los genes que se encuentran diferencialmente expresados transcripcionalmente, al comparar las cepas atenuada y virulenta de *B. bigemina*, derivada ésta última originalmente de un caso clínico en México, y que han sido utilizadas como vacuna experimental y cepa de desafío, respectivamente. Se utilizó material biológico del CENID-SAI, Jiutepec, Morelos. Después de la extracción de RNA, se realizó un análisis transcriptómico (RNA-seq), seguido de un análisis bioinformático y enriquecimiento de términos basado en Ontología Génica (GO). Se logró obtener una secuenciación de alto rendimiento consistiendo en 9,504,000 – 9,656,000 y 13,400,000 – 15,750,000 lecturas de secuencia, para la cepa atenuada y la cepa virulenta, respectivamente. Se identificaron al menos 519 genes expresados diferencialmente en las cepas analizadas. Además, el análisis GO identificó similitudes y diferencias en los transcriptos de las cepas correspondientes a componentes celulares, los procesos biológicos y las funciones moleculares. Los resultados de esta investigación determinan que la cepa atenuada de *Babesia bigemina* derivada de cultivo *in vitro* presenta cambios transcriptómicos globales en comparación con la cepa virulenta. Además, estos datos aportan información sobre los posibles mecanismos moleculares implicados en la atenuación o patogenicidad de cada una de las cepas analizadas, proporcionando marcadores moleculares que podrían estar asociados a la virulencia o posibles candidatos vacunales.

Introducción: La babesiosis bovina causada por el protozoario intraeritrocitico *Babesia bigemina*, es una de las enfermedades hemoparasitarias más importantes del ganado bovino en México y el mundo. Actualmente en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), INIFAP, se cuenta con el establecimiento del cultivo *in vitro* de *Babesia bigemina*. La cepa atenuada se ha utilizado como vacuna viva atenuada, sin embargo, se desconocen los mecanismos biológicos involucrados en el proceso de la atenuación. Así mismo, existen estudios sobre la atenuación de patógenos intracelulares por cultivo *in vitro*. Es un fenómeno bien conocido especialmente en patógenos de origen viral, rickettsial y protozoario. Por ejemplo, *B. bovis* y *B. divergens* se han vuelto avirulentos o menos patógenos a través del crecimiento prolongado en cultivo celular (Yunker *et al*., 1987; Kuttler *et al*., 1988; Schuster, 2002). Por lo anterior, resulta de interés identificar los genes que podrían expresarse transcripcionalmente de manera diferencial, al comparar las cepas atenuada y virulenta de *B. bigemina*, existentes en México y que han sido utilizadas como cepa vacunal y cepa de desafío, respectivamente (Figueroa *et al*., 1998; Cantó *et al.*, 1999; 2003a; 2003b; Rojas *et al*., 2018).

Material y Métodos: Se utilizó un total de siete bovinos *Bos taurus* libres de brucelosis y tuberculosis, como enfermedades de campaña a nivel nacional, además libres de *Rhipichepalus (Boophilus) microplus.* Uno de los bovinos se esplenectomizó con la finalidad de reactivar la cepa virulenta, la cual se mantiene normalmente bajo condiciones de criopreservación. Posterior a la recuperación de la cepa virulenta, se inocularon tres bovinos con una dosis de 1 x10^8 eritrocitos infectados mediante vía IM (Grupo I). La cepa atenuada se inoculó a tres bovinos con una dosis de1x 10^8 eritrocitos infectados, mediante la vía IM (Grupo II). Cabe mencionar que el manejo de los animales experimentales durante el estudio se realizó bajo las normas de control

* *Rebeca Montserrat Santamaria Espinosa. Av. Juan Sarabia No.293, Col. Fco. I. Madero. Cuautla, Mor. CP. 62742, santamaria.rebeca@inifap.gob.mx, Cel. 7351391184.

humanitario respaldado por el comité de bioética del CENID-SAI del INIFAP. Así mismo, se cuenta con la aprobación ante el Subcomité Institucional de la FMVZ de la UNAM, para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales (SICUAE.DC-2022/1-3). El RNA total de los protozoarios fue extraído utilizando un kit comercial, las moléculas de RNA fueron evaluadas para determinar su integridad mediante electroforesis en geles de agarosa para determinar calidad y abundancia (Ausubel *et al*., 2006). Así mismo, las muestras de RNA fueron cuantificadas. También, se determinó el RIN (por sus siglas en inglés RNA Integrity Number) (Schroeder *et al*., 2006; Mueller *et al*., 2016). La secuenciación se realizó con la plataforma Illumina MiSeq Next Generation Sequencing Technology (Sanger/Illumina 1.9), en la Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva del Instituto de Biotecnología de la UNAM, logrando la obtención de las lecturas de secuencia ("reads") en formatos fastq. Posteriormente, se realizó un análisis primario mediante el programa FastQC (versión 0.11.5) y una limpieza mediante la filtración de las "reads" que mapean con el genoma de *Bos taurus* (GCF_002263795.1), seguido de un ensamble mediante el mapeo de los "reads" filtradas con el genoma de referencia de *Babesia bigemina* (GCF_000981445.1). La cuantificación, normalización de datos y la expresión diferencial se realizaron mediante el uso de la plataforma IDEAMEX (Jiménez *et al*., 2019). Empleando los programas edgeR, DESeq2 y NOISeq. Finalmente, la anotación funcional se realizó asignando las categorías de ontología génica (GO), proceso biológico, función molecular y componente celular de cada gen anotado, lo anterior mediante el programa R "TopGO" (v2.46.0). Los términos GO con un valor $p < 0.1$, se consideraron significativamente enriquecidos.

Resultados: El análisis de secuenciación del transcriptoma de la cepa virulenta y atenuada de *Babesia bigemina*, con la plataforma Sanger/Illumina 1.9, generó "reads" de aproximadamente 9,504,000 – 9,656,000 y 13,400,000 – 15,750,000, para las muestras de los animales del GI y GII, respectivamente, con longitud de las secuencias de 76 pb y 53 % de contenido GC. Este análisis con el software FastQC reveló una buena calidad de las secuencias, con un valor Phred de ≥ 20. Los reads de RNA-seq que se mapearon con el genoma de referencia de *Babesia bigemina*, permitieron obtener un total de 20,976,605 y 19,162,769 reads para la cepa virulenta y la cepa atenuada de *Babesia bigemina*, respectivamente. Para el análisis de expresión diferencial se utilizó el ensamblado global de *Babesia bigemina*. Se detectaron un total de 3544 genes expresados, de los cuales 691 fueron detectados por edgeR, 2308 por NOIseq, y 545 por DESeq2. Sin embargo, en la integración entre DESeq2 y NOIseq se detectaron 26 genes, entre edgeR y NOIseq 172 genes y entre edgeR, NOIseq y DESeq se detectaron 519 genes que se expresan diferencialmente, comparando la cepa virulenta y la cepa atenuada de *Babesia bigemina*.. Finalmente, del total de genes expresados diferencialmente se logró identificar 482 correspondientes a sub-regulación y 37 genes están sobre expresados, la categorización de la ontología génica en cuanto a sub-regulación se clasificaron 16 términos pertenecientes a procesos biológicos, 9 en el componente celular y 10 en funciones moleculares. En cuanto a la categorización de términos para genes sobre expresados, 21 términos se asociaron con procesos biológicos, 6 con componentes celulares y 4 con funciones moleculares.

Discusión y Conclusiones. Los resultados generados en la secuenciación presentaron una ligera variabilidad en las lecturas que pertenecen a las réplicas biológicas de la cepa atenuada (GII), esto se puede asociar a la variabilidad en la susceptibilidad del hospedero, hablando a nivel poblacional, ya que puede variar por la genética del huésped, el estado inmunológico del hospedero, etc. En resumen, en este estudio se logró comparar por primera vez el transcriptoma de una cepa virulenta y una cepa atenuada de *Babesia bigemina*, utilizando RNA-seq mediante secuenciación Illumina. Estos datos brindarán información importante para comprender mejor los procesos biológicos de cada una de las cepas de *Babesia bigemina* utilizadas en este estudio. Esto permitirá disponer de genes diana para diseñar estrategias de intervención específicas, como el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico, vacunas y medicamentos innovadores.

Literatura citada.

Ausubel FM, Brent R, Kingston RE, Moore DD, Seidman JG, Smith JA, Struhl K. 2000. Current Protocols in Molecular Biology. J. Wiley & Sons Inc., New York.

Cantó GJ, Álvarez JA, Rojas EE, Ramos JA, Mosqueda JJ, Vega CA, Figueroa JV. 2003a. Protección contra babesiosis bovina con una vacuna mixta de Ba*besia bovis* y *Babesia bigemina* derivada de cultivo in vitro bajo una confrontación de campo. I. Inmunización en un área libre de la enfermedad. *Vet. Méx*. (34):323-332.

Cantó GJ, Figueroa JV, Ramos JA, Mosqueda JJ, Vega CA. 1999. Evaluación de la capacidad protectora de un inmunógeno fresco combinado de *Babesia bigemina* y *Babesia bovis. Vet. Mex.* (30):215-219.

Cantó AGJ, Rojas EE, Álvarez JA, Ramos JA, Mosqueda JJ, Vega CA, Figueroa JV. 2003b. Protección contra babesiosis con una vacuna mixta de *B. bovis* y *B. bigemina* derivada de cultivo *in vitro* en una confrontación de campo. II Inmunización en un área endémica. *Téc. Pecu. Méx.* 4(3):307-315.

Figueroa JV, Cantó GJ, Álvarez JA, Loza GR, Ramos JA, Vega CA. 1998. Capacidadprotectora en bovinos de una cepa de *Babesia bigemina* derivada del cultivo *in vitro. Tec. Pecu. Méx.* 36(2): 95-100.

Jimenez JV, Sanchez FA, Vega AL. 2019. Integrative Differential Expression Analysis for Multiple EXperiments (IDEAMEX): A Web Server Tool for Integrated RNA-Seq Data Analysis. 10; 279
Kuttler L, Zaugg JL, Yunker CE. 1988. The pathogenecity and immunologic relationshipof a virulent and a tissue-culture-adapted *Babesia bovis. Vet. Parasitol*. 27: 239–244.

Mueller O, Lightfoot S, Schroeder A. 2016. RNA Integrity Number (RIN) –Standardization of RNA Quality Control. Agilent Technologies. 5989-1165EN. 1-8.

Rojas MC, Rodríguez VRI, Figueroa MJV, Acosta VKY, Gutiérrez REJ, Bautista GCR, Lira AJJ, Polanco MDJ, Álvarez MJA. 2018. *Babesia bigemina*: Advances in continuousin vitro culture using serum-free medium supplemented with insulin, transferrin, selenite, and putrescine. *Parasitol. Int.* (67): 294–301.

Schuster FL. 2002. Cultivation of *Plasmodium* spp. *Clin. Microbiol*. *Rev.* 15(3): 365–373.
Schroeder A, Mueller O, Stocker S, Salowsky R, Leiber M, Gassmann M, Lightfoot S, Menzel W, Granzow M, Ragg T. The RIN: an RNA integrity number for assigningintegrity values to RNA measurements. *BMC Mol. Biol*. 7, 3.

Yunker CE, Kuttler KL, Johnson LW. 1987. Attenuation of Babesia bovis by *in vitro* cultivation. *Vet. Parasitol*. 24: 7-13.

PRESENCIA DEL HONGO NEMATÓFAGO DACTYLARIA CANDIDA EN MORELOS Y DEPREDACIÓN IN VITRO CONTRA HAEMONCHUS CONTORTUS

Gutiérrez-M., E.*, Mendoza-de G., P., Pérez, A.G., López. A.M.E. y Colinas, P.A.

Resumen

Los hongos nematófagos (HN) son antagonistas naturales de nematodos del suelo y son organismos saprofíticos; sin embargo, cuando se encuentran en la proximidad de nematodos, estos hongos modifican sus micelios y los transforman en trampas para capturar, destruir y alimentarse de los nematodos. La especie *Dactylaria candida* es poco conocida hasta ahora; no obstante, se sabe que produce dos tipos de trampas: botones adhesivos y anillos simples. Por otra parte, el nematodo *Haemonchus contortus* es un parásito hematófago de importancia patógena para pequeños rumiantes. El objetivo del presente estudio fue aislar, identificar y evaluar la actividad depredadora in vitro de un hongo de la especie *D. candida* contra larvas infectantes del nematodo hematófago *H. contortus*. La confrontación entre el hongo y las larvas se llevó a cabo en cajas petri estériles conteniendo agua agar de la siguiente manera: Se conformaron 2 grupo de cajas de Petri con agua agar (n=3). El grupo 1 contenía el hongo y se agregaron 50 μl de una suspensión acuosa conteniendo aproximadamente 150 larvas infectantes del *H. contortus* por cada caja; el grupo 2 fue el grupo control sin hongo y solamente contenía las 150 larvas del nematodo. Las cajas se incubaron durante 12 días a 18-25ºC. Este experimento fue llevado a cabo por triplicado. Después de la incubación las larvas que no fueron depredadas por el hongo; así como la totalidad de larvas en el grupo control fueron extraídas de las cajas Petri depositando el agar de cada caja en un Embudo de Baermann en donde permanecieron durante 24 h. Las lecturas se llevaron a cabo mediante la toma de diez alícuotas de 10 μl que se depositaron en laminillas para su observación al microscopio compuesto. Las larvas recuperadas fueron cuantificadas y se obtuvieron los promedios por cada grupo. Para obtener los resultados de la actividad depredadora los datos de los promedios de larvas recuperadas fueron utilizados para desarrollar la fórmula de ABBOTT. Los datos fueron analizados mediante una t student para la comparación de los promedios de larvas recuperadas entre ambos grupos. El promedio de larvas recuperadas fue considerado como la variable dependiente. Los resultados mostraron que el hongo es capaz de reducir el número de larvas del parásito en un 64.72%. El uso de este hongo actualmente se encuentra bajo estudio y podría llegar a ser un agente potencial de control de la hemoncosis en pequeños rumiantes.

Introducción

Dentro de los principales enemigos naturales de los nematodos en el suelo se encuentra un grupo de hongos microscópicos conocido como hongos nematófagos (HN) (Yadav et al., 2023). Estos organismos son enemigos naturales de nematodos del suelo y han sido clasificados como organismos saprofíticos; sin embargo en presencia de nematodos estos hongos modifican sus micelios y los transforman en órganos de captura especialmente diseñados para capturar, destruir y alimentarse de los nematodos (Wang et al., 2023). Dentro de este grupo de hongos microscópicos se encuentra la especie *Dactylaria candida*. Poco se conoce hasta ahora de esta especie; sin embargo, se sabe que produce dos tipos de órganos de captura: botones adhesivos y anillos simples (Friman, 1993). Por otra parte, dentro del grupo de nematodos que habitan el suelo, se han encontrado diversos tipos de nematodos incluyendo nematodos parásitos de plantas, animales y el hombre; además de un grupo de nematodos de vida libre (Hodda, 2022). El nematodo *Haemonchus contortus* es considerado como el agente parasitario de mayor importancia patógena para el ganado, particularmente para pequeños rumiantes y otros rumiantes salvajes (Adduci et al., 2022). El control de este y otros nematodos que afectan el tracto gastrointestinal del rebaño se basa en el tratamiento frecuente y continuo de los animales empleando drogas químicas sintetizadas en el laboratorio. Estas drogas ayudan a disminuir las poblaciones de los parásitos en los animales; sin embargo, estos compuestos traen consigo una serie de desventajas importantes tales como generar resistencia en los parásitos hacia la mayoría de productos desparasitantes comercialmente disponibles (Baltrušis et al., 2022) y por otro lado, algunos compuestos pueden permanecer

* * Enrique Gutiérrez-Medina. Maestría en Ciencias de la Producción y salud Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, Circuito Exterior, Coyoacán, Ciudad de México CP 04510 y Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Boulevard Paseo Cuauhnahuac No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. México CP 52550. egm.20797@gmail.com,Tel +52 312 1310779.

como residuos contaminantes en carne, leche y otros productos y subproductos de origen animal para el consumo humano y son considerados como un riesgo potencial de salud pública (Sally et al, 2022). Debido a estos y otros problemas derivados del uso intensivo de las drogas antiparasitarias también conocidas como antihelmínticos otras alternativas de control diferentes al uso de estos compuestos están siendo investigados (Reyes-Guerrero et al., 2021; Charlier et al., 2023).

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue aislar, identificar y evaluar la actividad depredadora *in vitro* de un hongo de la especie *D. candida* obtenida a partir de una muestra de suelo de Coatlán del Río, Morelos contra larvas infectantes del nematodo hematófago *H. contortus*.

Materiales y Métodos

Localización

Este experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Jiutepec, Morelos.

Aislamiento del hongo

El hongo fue aislado a partir de una muestra de suelo con restos de corteza de árbol en el Municipio de Coatlán del Río, en el Estado de Morelos, México. Para el aislamiento de hongos nematófagos se realizó la técnica del espolvoreado en placas de agar agua y se adicionaron nematodos de vida libre del nematodo de vida libre *Panagrellus redivivus* para estimular el crecimiento de estructuras aéreas de hongos nematófagos (Barron, 1977). Los hongos fueron transferidos a placas estériles con agua agar y mediante pases se fue limpiando la cepa hasta tenerla en cultivo puro. El hongo fue identificado con base en sus características morfométricas, particularmente el tipo de conidios y conidióforos; así como el tipo de órganos de captura producidos al agregar los nematodos de vida libre. Para la identificación se utilizaron claves de identificación morfológicas especialmente diseñadas para hongos nematófagos (Cooke and Godfrey, 1964).

Producción de larvas infectantes del nematodo *Haemonchus contortus*

La población de nematodos de la especie *H. contortus* se obtuvo mediante la inoculación de un cordero pelibuey que fue infectado con 350 larvas infectantes del parásito. Después de un periodo prepatente de 21 días, se colectaron muestras de heces tomadas directamente del recto del animal y se elaboraron cultivos fecales para permitir que los huevos del parásito desarrollaran hasta convertirse en larvas infectantes. Las larvas fueron extraídas de los cultivos mediante la técnica del Embudo de Baermann donde permanecieron 24 h.

Procedimiento experimental

Una vez que larvas y hongos estaban listos, se llevó a cabo la confrontación en cajas Petri estériles conteniendo agua agar de la siguiente manera: Se conformaron 2 grupo de cajas de Petri con agua agar (n=3). El grupo 1 contenía el hongo y se agregaron 50 μl de una suspensión acuosa conteniendo aproximadamente 150 larvas infectantes del *H. contortus* por cada caja; el grupo 2, fue considerado como grupo control sin hongo y solamente contenía las 150 larvas del nematodo que fueron depositadas sobre la superficie del agar. Las cajas se incubaron durante 12 días a temperatura de laboratorio (18-25ºC). Este experimento fue llevado a cabo por triplicado. Después del período de incubación las larvas que no fueron depredadas por el hongo; así como la totalidad de larvas agregadas en el grupo control fueron extraídas de las cajas Petri depositando el agar de cada caja en un Embudo de Baermann en donde permanecieron durante 24 h. Transcurrido este periodo las larvas sedimentadas en el fondo del tubo de ensaye de la técnica de Baermann fueron ajustadas a un volumen de 3 mL para su conteo. Las lecturas se llevaron a cabo mediante la toma de diez alícuotas de 10 μl que se depositaron en laminillas para su observación al microscopio compuesto. Las larvas recuperadas fueron cuantificadas y se obtuvieron los promedios por cada grupo. Para obtener los resultados de la actividad depredadora los datos de los promedios de larvas recuperadas fueron utilizados para desarrollar la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de reducción} = \frac{X-Y}{X} * 100$$

X= promedio de larvas recuperadas de la serie control

Y= promedio de larvas recuperadas de la serie tratada

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante una t student para la comparación de los promedios de larvas recuperadas entre ambos grupos. El promedio de larvas recuperadas fue considerado como la variable dependiente.

Resultados

Identificación morfométrica

La observación y análisis de las estructuras de importancia taxonómica del hongo aislado resultó en las siguientes características: Los conidióforos se observaron hialinos, erectos y mostraron una altura en un rango entre 130.12 - 213.25 µm. En su ápice se observaron conidios en racimo (de 1 a 5 conidios por racimo). Los conidios eran de tipo fusiforme y medían entre 31.21 a 48.5 µm de largo por 9.6 - 10.7 µm de ancho. Los conidios mostraron de 1 a 4 septos. Estos se encontraban ensanchados en el septo medial o parabasal y se estrechaban en su septo basal. Se observó el desarrollo de dos tipos de órganos de captura: anillos simples (no constrictores) y botones adhesivos. Las características morfométricas de este hongo fueron comparadas con las características descritas previamente y de acuerdo a estas claves se determinó que pertenecía al género y especie *Dactylaria candida*. Los detalles de las mediciones de las principales estructuras de importancia taxonómica se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Análisis de las medidas de estructuras de importancia taxonómica para la identificación morfométrica del hongo aislado*.

Características	Promedio	Rango.
Conidióforo	172.22 µm	130.12-213.25 µm
Largo del conidio	38.21 µm	31.2-48.5 µm
Ancho del conidio	10.2 µm	9.6-10.7 µm
Número de septos	4	1-4
Tipo de órgano de captura	Anillos simples Botones adhesivos	

*Estas mediciones corresponden al promedio de 25 muestras analizadas bajo el microscopio

Evaluación de la actividad depredadora

La población de larvas infectantes nematodo *H. contortus* se redujo en más del 64% por acción del hongo nematófago *D. candida*. Los promedios de larvas infectantes del parásito recuperadas a partir de ambos grupos de placas experimentales; así como el porcentaje de reducción larvaria atribuida al efecto depredador del hongo se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2 Promedios de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* recuperadas de placas donde interactuaron con el hondo *D. candida* por 12 días y porcentajes de reducción atribuida a la acción depredadora del hongo.

Grupos	Promedio de larvas recuperadas	% Reducción larvaria
Grupo 1 Hongo con larvas	46.33	64.72%
Grupo 2 Larvas sin hongo	131.33	_____

Discusión

Este es el primer reporte en México de la presencia del hongo nematófago *D. candida*. Esta especie ha sido poco conocida y existe en la literatura un limitado número de trabajos sobre su actividad depredadora. Los resultados de este estudio muestran que este hongo posee una buena actividad depredadora en contra de *H. contortus* considerado como uno de los agentes patógenos más importantes para rebaños ovinos en todo el mundo. Es importante que aunque este trabajo es muy sencillo, el hecho de que poco se conoce sobre esta especie, con la realización del presente estudio se abre una puerta de oportunidades para explorar su potencial como agente de control biológico de la hemoncosis y probablemente de otras nematodiasis de importancia en la industria pecuaria. Durante las últimas décadas los hongos nematófagos han despertado gran interés ya que ofrecen una buena alternativa al uso de drogas antiparasitarias sintetizadas químicamente en los laboratorios y que no trae las desventajas que se manifiestan con el uso de los compuestos antihelmínticos. Además de la actividad depredadora durante años recientes de ha descubierto que los hongos nematófagos también poseen la capacidad de producir compuestos secundarios con diferentes actividades biológicas incluyendo actividad nematicida (Degenkolb and Vilcinskas, 2016; Ocampo-Gutiérrez et al., 2021; Pérez-Anzúrez et al., 2022) por lo que es importante explorar esta nueva alternativa con el hongo aislado en el presente estudio.

Conclusión

El presente estudio muestra el aislamiento, identificación y la caracterización de la actividad depredadora de una especie de hongo nematófago reportada por primera vez en México *D. candida* contra larvas infectantes del nematodo hematófago *H. contortus*. El hongo aislado mostró una importante actividad depredadora superior al 64% y podría ser utilizado en estudios posteriores para explorar su potencial como agente de control biológico de la hemoncosis ovina.

Literatura citada

Adduci, I., Sajovitz, F., Hinney, B., Lichtmannsperger, K., Joachim, A., Wittek, T., & Yan, S. (2022). Haemonchosis in Sheep and Goats, Control Strategies and Development of Vaccines against *Haemonchus contortus*. *Animals*, 12(18), 2339. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/ani12182339

Baltrušis, P.; Doyle, S.R.; Halvarsson, P.; Höglund, J. Genome-wide analysis of the response to ivermectin treatment by a Swedish field population of *Haemonchus contortus. Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 2022, 18, 12–19.

Barron, G. L. (1977). The nematode-destroying fungi. Canadian Biological Publications Ltd.

Charlier, J., Hoste, H., & Sotiraki, S. (2023). COMBAR–Combatting anthelmintic resistance in ruminants. *Parasite,* 30.

Cooke R. C, Godfrey B. E (1964) Key to the nematode-destroying fungi. *Trans. Brit. Mycol.*, 47: 61-74.

Degenkolb and Vilcinskas, 2016; 1.Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 100 (9).

Friman, E. (1993). UV inhibition of the nematode infection process in Arthrobotrys oligospora and Dactylaria candida. Microbiology, 139(11), 2841-2847.

Hodda, M. (2022). Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species. Zootaxa, 5114(1), 1-289.

Ocampo-Gutiérrez, A. Y., Hernández-Velázquez, V. M., Aguilar-Marcelino, L., Cardoso-Taketa, A., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E., González-Cortázar, M., Hernández-Romano, J., Reyes-Estebanez, M., and Mendoza-de Gives, P. (2021). Morphological and molecular characterization, predatory behaviour and effect of organic extracts of four nematophagous fungi from Mexico. *Fungal Ecology*, 49, 101004. https://doi.org/10.1016/j.funec

Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., ... & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) Kills *Haemonchus contortus* Infective Larvae (Trichostronylidae) through Its Predatory Activity and Its Fungal Culture Filtrates. *Pathogens,* 11(10), 1068.

Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., & Mendoza-de Gives, P. (2021). Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 186-204.

Sally Ashraf, F. Belal, M.M. Salim,Spectrofluorometric determination of residual amounts of nitroxynil in food samples, Spectrochimica Acta Part A: *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Volume 274,
2022,120993,ISSN 1386-1425,https://doi.org/10.1016/j.saa.2022.120993.

Wang, D., Ma, N., Rao, W., & Zhang, Y. (2023). Recent Advances in Life History Transition with Nematode-Trapping Fungus *Arthrobotrys oligospora* and Its Application in Sustainable Agriculture. *Pathogens*, 12(3), 367.

Yadav, B., Singh, U. B., Malviya, D., Vishwakarma, S. K., Ilyas, T., Shafi, Z., ... & Singh, H. V. (2023). Nematophagous Fungi: Biology, Ecology and Potential Application. In: Detection, Diagnosis and Management of Soil-borne Phytopathogens (pp. 309-328). Singapore: Springer Nature Singapore.

IDENTIFICACION DE ESPECIES DE *HAEMONCHUS* EN GANADO DE LIDIA.

Guerrero M.M.C*,[1] Vargas M.J.B.[1]

Los nematodos gastrointestinales ocasionan daños directos e indirectos a la producción de bovinos. El objetivo de este trabajo fue identificar las especies del género *Haemonchus* presentes en ganado de lidia en 14 estados de la República Mexicana. Las muestras fueron colectadas en el rastro de la plaza de toros México después de cada corrida de toros. Se tomaron en total 524 muestras de contenido del abomaso de 303 toros y 221 novillos procedentes de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Tlaxcala, Sonora, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro y Zacatecas. Una vez eviscerado el animal, se colecto el contenido del abomaso en una bolsa de plástico y se identificó con el número del animal y la procedencia. Las bolsas de plástico se mantuvieron en refrigeración con congelantes en una caja de poliuretano. Estas fueron procesadas en el laboratorio de parasitología de la FMVZ-UNAM. El contenido del abomaso se analizó mediante la técnica del tamizado. Los nematodos adultos colectados se introdujeron en frascos de plástico con alcohol al 70% para su conservación. Después se colocaron en lactofenol para aclarar sus estructuras e identificar las especies. Se calculo la prevalencia y la intensidad, finalmente la prevalencia entre las especies presentes se realizó a través de sus proporciones mediante la distribución de Z. Fueron positivos a *Haemonchus* el 25.74% de los toros y 33.48% de los novillos. Se obtuvieron en total 4543 especímenes de los cuales 3796 fueron hembras y 747 machos. La identificación se realizó en los machos. La prevalencia para *Haemonchus contortus* fue de 30.38% y para *Haemonchus placei* de 69.61% (P=.0001). La intensidad en 747 nematodos machos identificados fue para *Haemonchus contortus* de 227 y para *Heamonchus placei* de 520 especímenes respectivamente. La presencia de nematodos gastrointestinales en ganaderías de toro de lidia de la República Mexicana es una limitante en la cría del toro bravo. Se ha reportado que animales aparentemente sanos con cargas parasitarias bajas, reducen su consumo de alimento entre un 15 a 20 % por lo que pueden perder hasta 30 kg de peso por año. Los novillos fueron los más parasitados, debido a que los jóvenes son más susceptibles a los parásitos que los toros, al fenómeno de hipobiosis y al grado de contaminación en los potreros. La información obtenida nos permitirá establecer programas de control y prevención de esta parasitosis.

* [1]Departamento de Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. María Cristina Guerrero Molina. Av. Universidad 3000. Col. Copilco el Alto. Alcaldía Coyoacán. CP 04510 .Ciudad de México. mcgromo@hotmail.com 55-23-01-92-49

EVALUACIÓN DE AISLADOS DE METARHIZIUM ANISOPLIAE (SL) SOBRE LA MORTALIDAD Y REPRODUCCIÓN DE RHIPICEPHALUS MICROPLUS

Velazquez S. F.[*1,3], Rodríguez V. R. I.[1], Alonso D. M. A.[2], Fernández S. A.[2], Romero S. D.[3]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
[2]Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

RESUMEN

Se evaluaron los efectos acaricidas de catorce aislados de *Metarhizium anisopliae sensu lato* de suelos de fincas ganaderas del trópico mexicano contra hembras repletas, oviposición y eclosión de huevos de *Rhipicephalus microplus (Ixodida: Ixodidae).* Se estimó el porcentaje de mortalidad en hembras repletas y los índices de eficiencia reproductiva mediante pruebas de inmersión de adultos a una dosis de 1×10^8 conidios/ml para cada aislado fúngico. Todas los aislados de *M. anisopliae (s.l.)* presentaron un 100% de mortalidad en hembras adultas congestionadas, se observó un rango del 16.45 – 56.38 % en la inhibición de la oviposición y un 5.24 – 32.68 % de la eclosión de los huevos. Se concluye que los aislados de *M. anisopliae (*sl) de suelos ganaderos de este estudio, demostraron ser altamente efectivos en la mortalidad contra hembras adultas repletas, tener un buen efecto sobre la oviposición y un comportamiento moderado en la disminución de la eclosión.

INTRODUCCIÓN

Rhipicephalus microplus (Canestrini 1887) (Ixodida: Ixodidae) es uno de los parásitos más importantes que afecta al ganado bovino en pastoreo; las pérdidas económicas que causan en México se estiman en 573.61 millones de dólares al año (Rodríguez-Vivas et al., 2017), lo anterior debido principalmente por la afectación negativa a los parámetros productivos, reproductivos y al bienestar animal entre otros. Este impacto económico se encuentra exacerbado por el desarrollo de garrapatas resistentes y multirresistentes a los acaricidas químicos, aunado a la necesidad de disminuir el uso de productos químicos, hacen necesaria la búsqueda de alternativas que ayuden a reducir el uso de productos químicos y que, además, puedan ser incorporados en un protocolo para el control integrado de garrapatas (Alonso-Díaz et al., 2021).

Metarhizium anisopliae es una alternativa para el control biológico de *R. microplus*; las pruebas de laboratorio y de campo han demostrado que *M. anisopliae* es eficiente en el control de las garrapatas del ganado, y puede ser una interesante alternativa debido a todas las ventajas intrínsecas que ofrece (Ojeda-Chi et al., 2010; Schrank y Vainstein, 2010). Sin embargo, de los hongos entomopatógenos, específicamente *M. anisopliae* aislados de suelos y pastizales con actividad ganadera hay poca información (Fernández-Salas et al., 2017 y 2019); esto es importante ya que la adaptación natural a los sustratos en los que pueden reproducirse influye en la capacidad acaricida de los hongos entomopatógenos, por lo que se hipotetiza que las cepas de *M. anisopliae* que habitan en suelos de Unidades de Producción Bovina (UPB) pueden tener una mayor actividad acaricida contra *R. microplus* (Fernández-Salas et al., 2019). El objetivo del presente estudio fue: evaluar los efectos acaricidas de 14 cepas de *M. anisopliae (sl*) aisladas en suelos de UPB sobre la mortalidad y reproducción de hembras adultas de *R. microplus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) dependiente de la FMVZ-UNAM, localizado en Tlapacoyan, Veracruz. Se realizaron muestreos de suelo en 20 UPB del municipio de Veracruz, Ver., con alta prevalencia de garrapatas *R. microplus*. De cada UPB se tomaron muestras de suelo de potreros, cercos vivos, y corrales (Alonso-Díaz et al., 2013). De cada zona se tomaron sub-muestras de suelo de 150 a 200 g, aproximadamente, en bolsas de polietileno limpias y nuevas (INTA, 2000). El sistema de muestreos en cada zona fue sistemático y se realizó de acuerdo con los protocolos descritos por SENASICA (2012). Las sub-muestras se tomaron a una profundidad de 200 mm (INTA, 2000) y 30 mm de diámetro sin considerar la materia orgánica (Buduba, 2004). Las sub-muestras de cada zona se mezclaron para su homogenización, se identificaron, se colocaron en hieleras plásticas con refrigerantes para su protección y transporte al Laboratorio de Salud Animal (LSA) del CEIEGT.

[*] *Velázquez Sarmiento Francisco. JM García No. 793, Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver., CP 91897. frvelazquez@uv.mx, 2292650228.

Para el aislamiento de *M. anisopliae* de las muestras de suelo se utilizó la técnica de cebo con larvas de la polilla mayor de la cera *Galleria mellonella* (Zimmermann, 1986). Cada muestra de suelo se tamizó con poros de 2mm de apertura, posteriormente se tomaron 300 g y se colocaron en contenedores de 1 kg de capacidad. A cada contenedor se le colocaron cinco larvas de *G. mellonella* de último estadio como cebo para *M. anispliae*. Cada muestra se incubó a 27 ± 2° C durante dos semanas. Cada dos días los contenedores se invirtieron con la finalidad de que las larvas entraran en contacto con la mayor cantidad de suelo. Se realizaron evaluaciones de las larvas a los días 2, 4, y 6 con la finalidad de determinar si existía algún crecimiento de hongos.

Pasados 6 días, las larvas se recuperaron de las muestras de suelo, separadas y lavadas con agua destilada estéril y desinfectadas con alcohol etílico al 70% durante un minuto, posteriormente se secaron con papel absorbente. En seguida, las larvas se colocaron individualmente en cajas de Petri (60 x 10 mm) conteniendo doble papel filtro Whatman # 1 esterilizado y torunda de algodón, ambos humedecidos con agua destilada estéril. Las cajas con las larvas fueron identificadas e incubadas en una estufa de cultivo durante 10 días a 27± 2°C de T y 80-90% de humedad. Las larvas se inspeccionaron de forma diaria para identificar señales de micosis, verificar condiciones de humedad y descartar infecciones por bacterias.

Cuando se observó crecimiento de hongos en *G. mellonella*, se procedió a su identificación valiéndose de claves taxonómicas basadas en las características morfológicas de las estructuras reproductivas, forma y tamaño de sus esporas y las características de crecimiento (Samson et al., 2013). Pasados 10 días de desarrollo de hongos en las larvas de *G. mellonella*, las esporas de *Metarhizium* se resembraron de forma estriada en placa con agar dextrosa saboraud enriquecido con agar bacteriológico, extracto de levadura y 250 mg de cloranfenicol, posteriormente se incubaron a 27±2 °C y 80-90% de humedad. Paralelamente, de la colección micológica del CEIEGT, se utilizó como control positivo la cepa identificada como MaV25, misma que se sembró en placa siguiendo el procedimiento anteriormente descrito.

A los 21 días de cultivo, los conidios se recolectaron mediante raspado y se suspendieron en agua destilada estéril que contenía Tween 80, 0,1 % (v/v) y se homogeneizaron en vórtice. Las concentraciones de conidios se determinaron mediante conteo directo utilizando un hemocitómetro de Neubauer, se ajustaron a 1×10^8 conidios/ml en Tween 80 al 0,1 % (v/v) en agua destilada (Ojeda-Chi et al., 2010).

Aproximadamente 600 hembras adultas repletas de garrapatas *R. microplus* se recolectaron de 10 vacas F1 (Holstein x Cebú) en el área de producción de leche del CEIEGT e inmediatamente transportadas al LSA del mismo centro para su procesamiento. Las garrapatas se lavaron tres veces con agua destilada, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1 % y se secaron con papel absorbente. Luego, se inspeccionaron para descartar garrapatas con lesiones o deformaciones y se pesaron individualmente las seleccionadas (480). Todas las garrapatas seleccionadas pesaban entre 0,2 y 0,3 g.

Las garrapatas seleccionadas se distribuyeron en grupos homogéneos según el peso. Los grupos se asignaron aleatoriamente a aislamientos fúngicos y grupos de control para bioensayos de mortalidad utilizando la prueba de inmersión de adultos (Drummond et al., 1967). Brevemente, las hembras congestionadas de todos los grupos se sumergieron en una suspensión de cada cepa fúngica a una concentración de 1×10^8 conidios/ml en agua destilada con Tween 80 al 0,1 % durante 1 min. El control negativo consistió en una inmersión únicamente en agua destilada con Tween 80 al 0,1 %. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento. Después de la inmersión, las garrapatas se recuperaron y se colocaron sobre toallas de papel esterilizadas para permitir que se escurriera el exceso de suspensión (Ojeda-Chi et al., 2010). A continuación, las garrapatas de cada tratamiento se adhirieron con cinta adhesiva en su parte dorsal y se colocaron en cajas Petri. Las hembras congestionadas se incubaron a 27 ± 2 C y 80-85 % de HR para permitir la oviposición. Las garrapatas se examinaron individualmente bajo un microscopio estereoscópico cada 2 días durante 20 días para detectar garrapatas muertas y desarrollo de micosis. La mortalidad se determinó por la ausencia de movimiento después de la estimulación, el cese del movimiento de la trompa de Malpighi y/o por la observación del micelio emergiendo de la cutícula.

Catorce días después del tratamiento, se extrajo la masa de huevos ovipositados en cada grupo y se pesó utilizando una balanza analítica. Luego, los huevos se colocaron en viales de vidrio estériles de 10 ml de capacidad con tapón de algodón para su incubación en las mismas condiciones descritas anteriormente. Veintiún días después, se evaluó el efecto residual de los hongos sobre la eclosión de los huevos mediante el conteo de las cáscaras y las larvas eclosionadas (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera, 2005).

El porcentaje de mortalidad en larvas se calculó mediante la fórmula: % mortalidad = garrapatas muertas / garrapatas totales*100

La eficacia (mortalidad corregida) de cada cepa de hongo contra hembras repletas se determinó utilizando la fórmula de Abott (1925):

$$\%\, eficacia = \frac{x - y}{x}\ (100)$$

donde “x” es el porcentaje de garrapatas vivas en el grupo de control e “y” es el porcentaje de garrapatas vivas en el grupo tratado.

El efecto de los tratamientos sobre la mortalidad de adultos, la oviposición y la eclosión de los huevos se determinó mediante una prueba de Kruskal-Wallis (SPSS v.26). Se calculó el índice de eficiencia reproductiva (REI = peso de la masa del huevo/peso inicial de la hembra hinchada) para cada garrapata repleta. Se calculó la eclosión de los huevos: eclosión (%) = número de larvas eclosionadas / número total de huevos incubados. Se calculó el porcentaje de inhibición de la eclosión: (IH%) = [(% de eclosión control − % de eclosión tratada) / % control de eclosión × 100].

RESULTADOS

Se aislaron 14 cepas las cuales se evaluaron junto al control positivo (MaV25). En la tabla 1 se muestra el efecto de las cepas de *M. anisopliae* (sl) sobre la mortalidad en hembras repletas de *R. microplus*. Todas las cepas de *M. anisopliae (sl)* indujeron una mortalidad del 100% en hembras adultas repletas a los 18 días o menos. Las cepas MaV25 y la MaV76 causaron una mortalidad del 100 % al día 12, siendo estas mismas cepas las que presentaron una mayor velocidad en la mortalidad, toda vez que al día 8 acumularon el 73.33%.

Tabla 1. Porcentaje promedio de mortalidad inducida por las 14 aislados de *Metarhizium anisopliae (sl)* de suelos de UPB sobre hembras adultas de *Rhipicephalus microplus* repletas en 20 días post-tratamiento.

Cepas	Mortalidad promedio (%) Días después del tratamiento									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Neg Control*	0	0	0	3.33	6.66	10	10	10	33.33	33.33
MaV25 (C+)†	0	6.67	30	73.33	90	100	100	100	100	100
MaV70	0	0	13.33	43.33	70	96.67	100	100	100	100
MaV71	0	0	6.67	43.33	66.67	80	86.67	90	100	100
MaV72	0	0	3.33	60	90	93.33	100	100	100	100
MaV73	0	0	13.33	36.67	56.67	93.33	100	100	100	100
MaV74	0	0	26.67	43.33	63.33	93.33	100	100	100	100
MaV75	0	0	3.33	63.33	73.33	96.67	96.67	100	100	100
MaV76	3.33	13.33	26.67	73.33	86.67	100	100	100	100	100
MaV77	3.33	6.67	10.00	36.67	60	96.67	100	100	100	100
MaV80	0	3.33	13.33	30	66.67	93.33	100	100	100	100
MaV81	0	0	10	53.33	66.67	90.00	100	100	100	100
MaV82	3.33	6.67	20	53.33	63.33	76.67	100	100	100	100
MaV83	0	3.33	20	46.67	76.67	83.33	100	100	100	100
MaV84	0	3.33	16.67	40	53.33	80	100	100	100	100
MaV85	0	0	13.33	43.33	80	86.67	96.67	100	100	100

*Neg Control: Control negativo; †C+: Control positivo

Tabla 2. Efecto de 14 aislados de *Metarhizium anisopliae (sl)* sobre la oviposición y eclosión de huevos de *Rhipicephalus microplus*.

	Efecto sobre oviposición			Efecto sobre la eclosión	
Cepas	Peso de la masa de huevos (g)	Reducción %	REI*	Eclosión %	Inhibición de la eclosión %
Neg Control†	0.8508[a]	-	0.4438[a]	89.56	-

MaV25(C+)‡	0.4423^{de}	48.01	0.2252^{d}	60.54	32.4
MaV70	0.5747^{bcd}	32.45	0.2981^{c}	77.37	13.61
MaV71	0.5840^{bcd}	31.37	0.3041^{c}	72.31	19.26
MaV72	0.4874^{cde}	42.71	0.2502^{cd}	65.35	27.0
MaV73	0.5823^{bcd}	31.57	0.3101^{c}	78.34	12.53
MaV74	0.5628^{bcd}	33.85	0.2989^{c}	75.87	15.28
MaV75	0.5188^{cde}	39.02	0.2766^{c}	77.86	13.96
MaV76	0.3711^{e}	56.38	0.1939^{d}	60.29	32.68
MaV77	0.7109^{b}	16.45	0.3741^{b}	84.87	5.24
MaV80	0.7034^{b}	17.33	0.3737^{b}	79.06	11.72
MaV81	0.5978^{bcd}	29.74	0.3098^{c}	71.05	20.67
MaV82	0.5764^{bcd}	32.25	0.2958^{c}	84.75	5.37
MaV83	0.5374^{cde}	36.83	0.2825^{c}	76.49	14.60
MaV84	0.6441^{bc}	24.30	0.3379^{bc}	82.04	8.40
MaV85	0.5951^{bcd}	30.05	0.3024^{b}	77.14	13.87

*REI: Índice de eficiencia reproductiva. †Neg Control: Control negativo. ‡C+: Control positivo. Diferentes literales entre columnas indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

El efecto de las 14 cepas de *M. anisopliae* (sl) aisladas, sobre la oviposición y el IER de *R. microplus*, así como sobre la eclosión de los huevos, se presentan en la Tabla 2. Todas las cepas mostraron un efecto de inhibición de la oviposición ($p < 0,05$). Los porcentajes de reducción de la oviposición fueron de 16.45 a 56.38 %. Las cepas MaV72 y MaV76 mostraron una reducción de huevos de 42.71 % y 56.38 %, respectivamente, similar a la obtenida por el control positivo (48.01 %) ($p > 0,05$). Los porcentajes de inhibición de la eclosión de huevos de las cepas fúngicas fueron de 5.24 a 32.68%. Las cepas MaV72 y MaV76 mostraron los mayores efectos de inhibición de la eclosión (27.0 % y 32.68 %, respectivamente), similar al obtenido con el control positivo (32.4 %) ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los aislados de *M. anisopliae (sl)* evaluadas en el presente estudio mostraron una alta efectividad acaricida contra hembras repletas, lo que se manifestó con tres cepas que provocaron una mortalidad mayor al 80% el día 10 y 11 cepas que alcanzaron una mortalidad del 100% el día 14 post tratamiento. Algunos estudios han reportado cepas de M. anisopliae con alta mortalidad en hembras repletas de *R. microplus* (Fernández-Ruvalcaba et al., 2005; Ojeda-Chi et al., 2010; Lubeck et al., 2008; Broglio-Micheletti et al., 2012; Alcalá-Gomez et al., 2017), que coinciden con el presente estudio. Cabe señalar que algunas de estas cepas reportadas presentaron una alta velocidad de mortalidad, algunas a partir de los cuatro días post tratamiento (Lubeck et al., 2008) o 12-14 (Ojeda-Chi et al., 2010), lo que también coincide con el presente estudio y que es una característica deseable en los métodos de control biológico. La muerte temprana de las garrapatas asegura una menor puesta de huevos y una menor presencia de larvas infestantes, especialmente en garrapatas que comienzan a ovipositar de forma temprana y rápida, como *R. microplus,* que comienza a ovipositar al día 2 después de desprenderse de su huésped bovino.

Las cepas de *M. anisopliae* inhibieron la oviposición entre 16,45 y 56,38%, destacando tres cepas con las inhibiciones más altas. En algunos estudios se ha reportado una buena efectividad de *M. anisopliae* para afectar la oviposición (Fernández-Ruvalcaba et al., 2005; Ojeda-Chi et al., 2010; Ren et al., 2012; Alcalá-Gomez et al., 2017; Fernández-Salas et al., 2017); sin embargo, estos mismos estudios también encontraron otras cepas con un efecto moderado o bajo. Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden considerarse óptimos para un agente de control biológico, ya que el objetivo no es exterminar a las garrapatas, sino reducir sus poblaciones a niveles que no causen pérdidas económicas (Perinotto et al., 2012). Si un agente de control no causa una alta mortalidad en las garrapatas ingurgitadas, pero inhibe de manera eficiente la puesta de huevos, será tan efectivo como la mayoría de los agentes acaricidas. Los resultados con la mayoría de las cepas fúngicas del presente estudio indicarían que ocurren mecanismos que afectan la nutrición, la estructura ovárica de las garrapatas y el desarrollo de los huevos, por lo que se concluye que los aislados de *M. anisopliae (*sl) de suelos ganaderos de este estudio, demostraron ser altamente efectivos en la mortalidad contra hembras adultas repletas, tener un buen efecto sobre la oviposición y un comportamiento moderado en la disminución de la eclosión.

REFERENCIAS

Abott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18: 265–267.

Alcalá-Gómez, J., Cruz-Vázquez, C., Fernández-Ruvalcaba, M., Ángel-Sahagún, C., Vitela-Mendoza, I., and M. Ramos-Parra. 2017. Virulence of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates and the effects of fungal infection on the reproduction potential of *Rhiphicephalus microplus* engorged females. Biocontrol Science and Technology. 27(8): 931–939.
Alonso-Díaz, M. A. and A. Fernández-Salas. 2021. Entomopathogenic Fungi for Tick Control in Cattle Livestock from Mexico. Front. Fungal Biol. 2: 657–694.
Broglio-Micheletti, S. M., de Souza, L. A., Valente, E. C., de Araújo, M. J., da Silva Dias, N., and M. L. Gómez-Torres. 2012. Evaluation of entomopathogenic fungi as biological control agents *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae). IDESIA (chile). *30*(1): 93–99.
Buduba, C. 2004. Muestreo de suelos. Criterios básicos. Patagonia Forestal, 1, 9-12.
Drummond, R. O., Graham, O. H., and S. E. Ernest. 1967. Evaluation of insecticides for the control of *B. annulatus* (Say) and *B. microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae) on cattle. Proceedings of the Second International Congress on Acarology, Bonnington, 19–25 July 1967, pp. 493–498
Fernández-Ruvalcaba, M., Zhioua, E., and Z. García-Vázquez. 2005. Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados. Técnica Pecuaria en México. 43(3): 433–440.
Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., Alonso-Morales, R. A., Lezama-Gutiérrez, R., Rodríguez-Rodríguez, J. C., and J. A. Cervantes-Chávez. 2017. Acaricidal activity of *Metarhizium anisopliae* isolated from paddocks in the Mexican tropics against two populations of the cattle tick *Rhipicephalus microplus*. Medical and Veterinary Entomology, 31: 36–43.
Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., and R. A. Alonso-Morales. 2019. Effect of entomopathogenic native fungi from paddock soils against *Rhipicephalus microplus* larvae with different toxicological behaviors to acaricides. Experimental Parasitology. doi:10.1016/j.exppara.2019.107729
INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2000. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelos. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmptcnicas_de_toma_y_remisin_de_muestras_de_suelos.pdf.
Lubeck, I., Arruda, W., Souza, B. K., Stanisçuaski, F., Carlini, C. R., Schrank, A., and M. H. Vainstein. 2008. Evaluation of *Metarhizium anisopliae* strains as potential biocontrol agents of the tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* and the cotton stainer *Dysdercus peruvianus*. Fungal Ecology. 1(2-3): 78–88.
Ojeda-Chi, M. M., Rodriguez-Vivas, R. I., Galindo-Velasco, E., and R. Lezama-Gutiérrrez. 2010. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: ixodidae) in the Mexican tropics. Vet. Parasitol. 170: 348–354.
Perinotto, W. M. S., Angelo, I. C., Golo, P. S., Quinelato, S., Camargo, M. G., Sá, F. A., and V. R. E. P. Bittencourt. 2012. Susceptibility of different populations of ticks to entomopathogenic fungi. Exp. Parasitol. 130: 257–260.
Ren, Q., Liu, Z., Guan, G., Sun, M., Ma, M., Niu, Q., ... and J. Luo. 2012. Laboratory evaluation of virulence of Chinese *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to engorged female *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* ticks. Biological Control. *63*(2): 98–101.
Rodríguez-Vivas, R. I. and L. A. Cob-Galera. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. 2nd edn. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. Mérida, México.
Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., de León, A. A. P., Villela, H. S., de Jesús Torres-Acosta, J. F., Sánchez, H. F., and D. G. Carrasco. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8: 61–74
Samson, R. A., Evans, H. C., and J. P. Latge. 2013. An atlas of entomopathogenic fungi. Berlín, Germany. Springer.
Schrank, A., and M. H. Vainstein. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. Toxicon. 56: 1267–1274.
SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2012. Manual técnico para muestreo de productos agrícolas. www.senasica.gob.mx.
Zimmermann, G. 1986. The 'Galleria bait method' for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of applied Entomology. 102: 213–215.

FAMACHA© OCULAR Y VULVAR COMO HERRAMIENTAS PARA LA DESPARASITACIÓN SELECTIVA DIRIGIDA DE BOVINOS

Campos-Morales. A.*, Sánchez-Sánchez. M., Mendoza-Núñez. M. A., Sollano-Mendieta. C. E., Torres-Acosta J. F. J., Mancilla-Montelongo G., Acevedo-Gutiérrez. C., Garcia-Jimenez L. E., Lorenzo-Rojas A., Cuevas-Bárcenas J. L., Velasco-López J. J.

Resumen

El objetivo del presente trabajo es evaluar la aplicabilidad de la técnica de FAMACHA© ocular y vulvar como posible método para identificar bovinos con cargas elevadas de huevos de NGI en heces y que pudieran ser candidatos para la desparasitación antihelmíntica. Se muestrearon 128 bovinos de diferentes edades (de 3 a 120 meses de edad), en Las Chimecas, Machihuila, Ojo de Agua, La Encinera y La Parota, ranchos de la comunidad de Poza Verde, Municipio de San Luis Acatlán en Guerrero, México. Se determinó la FAMACHA© ocular y vulvar de cada animal, se registraron los valores junto con el sexo, edad y raza. También se obtuvo una muestra de heces para determinar el número de huevos por gramo de heces (HPG) mediante la prueba de McMaster. Se utilizaron tablas de contingencia 2 x 2 para estimar la razón de prevalencias (nivel de confianza 95%) de los bovinos con cargas de HPG elevadas (> Quantil 3) y su relación para mostrar una calificación de FAMACHA© ocular pálida (>3). Este procedimiento también se realizó con la FAMACHA© vulvar. Además, se determinó la especificidad y sensibilidad, con sus respectivos intervalos de confianza 95% (IC95%) de los valores de FAMACHA© ocular o FAMACHA© vulvar > 3 para identificar animales con ≥250 HPG. La razón de prevalencias mostró que no hay diferencia significativa entre los animales con carga de HPG alta y baja para tener una FAMACHA© ocular pálida: 24.2% para los animales con alto HPG y 16.8% para los animales con bajo HPG. Algo semejante ocurrió para la FAMACHA© vulvar pálida: 26.6% para los animales con alto HPG y 22.9% para los animales con bajo HPG (P>0.05). La técnica de FAMACHA© ocular en bovinos presentó una sensibilidad del 24.2% (IC95% 10 - 39%) y una especificidad de 83.2% (IC95% 76 - 91%) para detectar bovinos con ≥250 HPG. La técnica de FAMACHA© vulvar en bovinos presentó una sensibilidad del 26.7% (IC95% 11 - 43%) y una especificidad de 77.1% (IC95% 69 - 86%) para detectar bovinos con ≥250 HPG. Se concluye que las técnicas de FAMACHA© ocular y vulvar no pueden usarse en los ranchos de estudio para detectar bovinos con ≥250 HPG. Es necesario continuar evaluando esta y otras metodologías para poder realizar una desparasitación selectiva dirigida en los ranchos de bovinos.

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) representan una amenaza a la salud y bienestar de los bovinos, causando importantes pérdidas económicas debidas a la disminución de parámetros productivos y la necesidad de comprar y administrar productos desparasitantes (Arnaud-Ochoa, 2012; Anziani et al., 2015).

Existe una variedad de nematodos que se alojan en el tracto digestivo, generando lesiones y trastornos funcionales (Fiel et al., 2017). Las infecciones por NGI son generalmente mixtas ya que participan diferentes especies nematodos, y provocan cuadros clínicos cuyo grado de severidad depende de la edad y el estado nutricional de los animales. Las infecciones masivas por NGI pueden ocasionar signos clínicos e incluso la muerte de los animales (Reyes-Guerrero et al., 2021).

El control de los NGI se ha basado desde hace al menos 5 décadas en la desparasitación con antihelmínticos a todo el hato, ya sea siguiendo un calendario o cuando alguno de los animales presenta signos compatibles (Medina et al., 2014). Sin embargo, se sabe que, dentro de un hato solo unos pocos animales presentan altas cargas parasitarias y signos clínicos (acumuladores), otros pocos a pesar de tener altas cargas, no presentan signos (resilientes), mientras que la mayoría mantiene cargas bajas (resistentes). De tal manera que en realidad solo unos pocos animales son los que requieren tratamiento antihelmíntico (Morales et al., 2006). Además del gasto económico por el tratamiento innecesario, se favorece el desarrollo de poblaciones de NGI resistentes a los antihelmínticos (Rodriguez-Vivas et al., 2020). Actualmente en México existe un alto porcentaje de rebaños de rumiantes con cepas de NGI resistentes a varias familias de antihelmínticos. Por lo

* Campos Morales Alexis. Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional Km. 197. CP41940, (741)1225516. 18436669@uagro.mx Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

tanto, es importante transitar a una desparasitación selectiva dirigida (DSD) que se aplique solo al que lo necesita. Así se podrá retrasar un mayor desarrollo de la resistencia (Torres-Acosta et al., 2009).

Para poder realizar la DSD, es necesario encontrar metodologías sencillas y eficaces que nos permitan identificar los animales con cargas suficientemente altas para afectar su salud y productividad (Torres-Acosta et al., 2009). Entre los criadores de pequeños rumiantes, es muy utilizada la metodología FAMACHA© aplicada a la mucosa palpebral de los ojos. Esta técnica permite identificar a los animales con mucosa ocular pálida (anémicos), cuya probable causa, es la infección por *Haemonchus contortus*, parásito que también afecta a los bovinos (FAMACHA© Programa de Entrenamiento, 2022). En bovinos, hay pocos estudios sobre la utilidad de la técnica FAMACHA© para identificar animales anémicos por nematodiasis gastrointestinal. En el caso de los bovinos es también importante considerar el peligro que pudiera representar evaluar la mucosa palpebral de los ojos, por lo que se propone evaluar la mucosa vulvar como una posible alternativa de evaluación de FAMACHA©. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar la aplicabilidad de la técnica de FAMACHA© ocular y vulvar como posible método para identificar bovinos con cargas elevadas de huevos de NGI en heces y que pudieran ser candidatos para la desparasitación antihelmíntica.

Materiales y métodos

Durante el mes de septiembre y octubre, se visitaron cinco unidades de producción de tipo extensivo ubicadas en la localidad de Poza Verde, Municipio de San Luis Acatlán, Guerrero, México. La selección de las unidades de producción (UP) se realizó a conveniencia según la disponibilidad de los productores a colaborar y que no hubieran desparasitado en al menos 6 meses antes. Se muestrearon a todos los animales de ambos sexos de 3 a 120 meses de edad. Los animales muestreados también debían ser animales que pastorearan en las praderas de los productores. Se registró el sexo, la edad y la raza de los animales.

La comunidad está ubicada a 510 metros sobre el nivel del mar, entre la región Costa Chica y la Montaña. Tiene un clima subhúmedo-semicálido y cálido, temperaturas que oscilan entre los 20° y 29°C. La época de lluvias va de junio a octubre, con una precipitación pluvial que varía de 1,400 a 2,200 milímetros. La vegetación está compuesta principalmente por pinos y encinos, así como pasto llanero, que se usa para el pastoreo.

Para el manejo animal y toma de muestras, se implementaron métodos de sujeción dependiendo de las condiciones de las instalaciones en cada unidad de producción. Entre las técnicas usadas fue la sujeción por cuernos, sujeción por el cuello y cola y con nariguero.

Aplicación del método FAMACHA©. Para determinar la FAMACHA©, se tomó las pestañas del párpado superior e inferior con los dedos pulgar, extrayendo la mucosa ocular. Posteriormente con la ayuda de otra persona se colocó la tarjeta de FAMACHA© de forma perpendicular a la conjuntiva ocular y se registró el dato para cada animal (De León et al., 2022).

En el caso de la FAMACHA© vulvar, se colocaron los dedos índice y pulgar de la mano derecha en los labios vulvares de la vaca, exponiendo así la mucosa vulvar. Con el apoyo de un ayudante se colocó la tarjeta FAMACHA© para la evaluación de la coloración de las mucosas y se registró el dato para cada animal.

Obtención de la muestra de heces. Para determinar la carga parasitaria, se obtuvieron muestras de heces directamente del recto, colectadas con un guante de palpación, las muestras se almacenaron en un lugar fresco, hasta su procesamiento en el laboratorio de parasitología de la FMVZ No. 2.

Procesamiento en laboratorio. Las muestras de heces fueron procesadas por el método de McMaster, siguiendo la metodología de Castillo et al. (2015). Se contabilizaron todas las estructuras que morfológicamente eran compatibles con huevos de NGI. Estos huevos fueron multiplicados por 50 para obtener el dato de huevos por gramo de heces (HPG) (Guerrero, 2018).

Análisis de datos. Los datos de FAMACHA© ocular o vulvar y la cuenta de HPG fueron capturados en una base de datos. La estadística descriptiva se realizó en el programa SPSS versión 25 (versión de prueba). Se utilizaron tablas de contingencia 2 x 2 para estimar la razón de prevalencias (nivel de confianza 95%) de los animales con cargas de HPG elevadas (> Quantil 3) y cargas bajas de HPG con relación a mostrar una calificación de FAMACHA© ocular pálida (>3). Este procedimiento también se realizó con la FAMACHA© vulvar.

Además, se determinó la especificidad y sensibilidad, con sus respectivos intervalos de confianza 95% (IC95%) de los valores de FAMACHA© ocular o FAMACHA© vulvar > 3 para identificar animales con ≥250HPG. En el

análisis se determinaron también los valores predictivos positivo y negativo, así como la prevalencia real y la aparente. Estos análisis, así como la concordancia entre ambas técnicas de FAMACHA se realizaron mediante el programa estadístico Winepi.net.

Resultados

Se muestrearon 128 animales de diferentes edades (3 a 120 meses). De estos, el 88.3% de los individuos eran hembras y 11.7% de los individuos eran machos. El 9.4% eran raza Brahman, el 7 % Suizo Americano, el 0.8% Sardo negro, y 0.8 % Charoláis, el 82.0% eran cruzas Suiz-Bú. La frecuencia global de bovinos parasitados con NGI fue del 58.6%. El promedio de carga parasitaria fue de 212.5 H.P.G. Solo el 21.8% de la población muestreada presentó cargas parasitarias mayores o iguales a 250 H.P.G.

La razón de prevalencias mostró que no hay diferencia significativa entre los animales con carga de H.P.G. alta y baja para tener una FAMACHA© ocular pálida: 24.2% para los animales con alto H.P.G. y 16.8% para los animales con bajo H.P.G. (razón de prevalencias 1.43, intervalo de confianza 95% =0.7-3.1; P > 0.05).

Por otro lado, la razón de prevalencias mostró que no hay diferencia significativa entre los animales con carga de HPG alta y baja para tener una FAMACHA© vulvar pálida: 26.6% para los animales con alto HPG y 22.9% para los animales con bajo HPG (razón de prevalencias 1.16, intervalo de confianza 95% =0.6-2.4; P > 0.05).

La técnica de FAMACHA© ocular en bovinos presentó una sensibilidad del 24.2 % (IC95% 10 - 39%) y una especificidad de 83.2% (IC95% 76 - 91%) para detectar bovinos con ≥250 HPG. En esta situación de prevalencia, un resultado de FAMACHA© >3 tiene una probabilidad de 33.3% de ser realmente un individuo enfermo, mientras que un resultado negativo tiene una probabilidad de 76.0% de ser realmente un individuo sano. Además, en la población estudiada se ha observado una prevalencia real del 25.8%, aunque la prueba diagnóstica evaluada muestra una prevalencia aparente del 18.8%.

La técnica de FAMACHA© vulvar en bovinos presentó una sensibilidad del 26.7% (IC95% 11 - 43%) y una especificidad de 77.1% (IC95% 69 - 86%) para detectar bovinos con ≥250 HPG. En esta situación de prevalencia, un resultado de FAMACHA© >3 tiene una probabilidad de 29.6% de ser realmente un individuo enfermo, mientras que un resultado negativo tiene una probabilidad de 74.4% de ser realmente un individuo sano. Además, en la población estudiada se ha observado una prevalencia real del 26.5%, aunque la prueba diagnóstica evaluada muestra una prevalencia aparente del 23.9%.

Se calculó la concordancia entre ambas pruebas, obteniendo un valor de Kappa de Cohen de 0.23 (0.41-0.047). Es decir, una concordancia baja.

Discusión y Conclusión

La población de bovinos estudiada tuvo una baja frecuencia de animales positivos a NGI y en estos animales se encontraron cargas bajas de HPG de NGI. Estos valores fueron menores a los reportados por Munguía-Xóchihua *et al*., (2019) y por Pérez et al (2006). Esto probablemente se debe a que es habitual que los productores de la zona practiquen la rotación de potreros por cuestiones de la disponibilidad de alimento. Tal como lo menciona (Castro, 1987), solo una baja parte de la población mostró cargas relativamente altas (21.8 %) a pesar de que no habían sido desparasitados, lo que sugiere que son animales resistentes o resilientes (Van Wyk, 2001). Ésta baja cantidad de animales con cargas altas de NGI es semejante a la que se ha encontrado en ovinos tropicales de México y es consistente con la distribución sobre-dispersa de la infección, en donde muchos animales tienen pocos parásitos y solo algunos animales tienen altas cargas de NGI (Medina-Perez et al., 201X; Soto-Barrientos et al., 2018).

Cerca del 20 % de la población mostró mucosas pálidas, aunque no parecía estar relacionado con las cargas parasitarias, por lo que una posible causa, es la mala calidad del alimento disponible como lo menciona (Aucay, 2017). Las técnicas FAMACHA© ocular y vulvar fueron factibles de realizar debido a que se contó con personal con experiencia en el manejo de bovinos en la comunidad de estudio. Los procesos de obtención de muestras de heces con los diferentes productores colaborantes fueron dificiles debido a que algunos ranchos estaban a distancias de varias horas a caballo.

Solo existe un 33.3% de probabilidad de encontrar animales con cargas altas entre aquellos con mucosa ocular pálida y un 25.9 % entre aquellos con mucosa vulvar pálida. Lo que indica que estas pruebas no son adecuadas para aplicarse en bovinos, como método de selección de animales posiblemente parasitados, esto bajo las condiciones de estudio.

Mientras que existe un 76% y 74.4% de probabilidad de que animales con mucosa ocular y vulvar normal respectivamente, tengan cargas parasitarias bajas. Por lo que resulta mejor su uso para descartar animales sanos.

Algo a destacar y diferente a lo esperado, es que la concordancia entre las pruebas FAMACHA© ocular y vulvar fue baja, por lo que no son intercambiables. Es necesario profundizar en estos estudios para saber si estas herramientas pudieran servir para la DSD de bovinos en el futuro. Por ejemplo, se requiere determinar la relación de los valores de FAMACHA© ocular y vulvar con los valores hemáticos de hematocrito, volumen corpuscular medio, hemoglobina, etc.

En conclusión, los animales de la comunidad estudiada tienen poca infección por NGI. En estos animales no se puede usar la FAMACHA© ocular y vulvar para identificar animales con ≥250 HPG.

Literatura citada

- Anziani, O. S., y Fiel, C. A. (2015). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos que parasitan a los rumiantes en la Argentina. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 41(1), 34-46.
- Arnaud Ochoa Ricardo, Alonso Díaz Miguel Ángel., 2012., Unidades de producción bovina con nematodos gastrointestinales resistentes al albendazol (benzimidazoles) en México., Revista Científica., 4. 315-320
- Aucay Calle, D. I. (2017). Aplicación de la técnica FAMACHA© para el diagnóstico parasitológico de los bovinos de la hacienda “Mahanaim” del cantón Sucúa (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Barrientos, N., Chan-Pérez, J. I., España-España, E., Novelo-Chi, L. K., Palma-Ávila, I., Ceballos-Mendoza, A. C., Sarabia-Hernández, J.A., Santos-Ricalde, R.H., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. 2018. Comparing body condition score and FAMACHA© to identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. Small Ruminant Research, 167, 92-99.
- Castillo, J. A. F., Labat, P. M., Vivas, R. I. R., y Ramos, J. J. Z. (2015). Examen coproparasitoscopico. In Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria (pp. 101-105). AMPAVE-CONASA México.
- Castro, A. (1987). PASTO LLANERO. *Instituto Colombiano Agropecuario*, *151*, 1-11.
- De León, E., y Choque-López, J. A. El Método FAMACHA© El Método FAMACHA©. (2022, 20 mayo). http://aecid.org.do/images/Publicaciones_y_Documentos/Desarrollo_Agropecuario/2.Metodo_famacha.pdf
- FAMACHA© Programa de Entrenamiento. (2022, 18 mayo). https://web.uri.edu/sheepngoat/famacha-programa-de-entrenamiento/
- Fiel, C. A., y Steffan, P. E. (2017). Parasitosis gastrointestinal en bovinos de carne en: [En línea] enfoque bioecológico para un control integrado y sustentable. Cuadernillo técnico N 16 Argentina. Rev.
- Guerrero, G. M. G. (2018). Efecto de un antiparasitario herbolario para el control de parásitos gastrointestinales en ovinos en pastoreo.
- Medina, P., Guevara, F., La, M., Ojeda, N., y Reyes, E. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nematodos gastrointestinales. Pastos y Forrajes, 37(3), 257-263.
- Morales, G., Pino, L. A., Sandoval, E., Florio, J., y Jiménez, D. (2006). Niveles de infestación parasitaria, condición corporal y valores de hematocrito en bovinos resistentes, resilientes y acumuladores de parásitos en un rebaño Criollo Río Limón. Zootecnia Tropical, 24(3), 333-346.

- Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., y Mendoza-de Gives, P. (2021). Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12, 186-204.
- Rodríguez Vivas, R.I., Torres Acosta, J.F.J., Cruz Vázquez, C., Almazán García, C., Alcalá Canto, T., Alonso Díaz, M.A., Chan Pérez J.I., Domínguez García, D.I., Fernández Salas, A., Figueroa Castillo, J.A., Galindo Velasco, E., Lagunes Quintanilla, R.E., López Arellano, M.E., Martínez Ibáñez, F., Martínez Ortíz de Montellano, C., Mendoza de Gives, P., Ojeda Robertos N.F., Ortega Pacheco, A., Rosario Cruz, R., Rosado Aguilar, J.A., Torres Rodríguez, L., Vitela Mendoza, I. 2018. Capítulo VII. Epidemiología y control de garrapatas, moscas y nematodos gastrointestinales que afectan a los bovinos en México. En: Estado del Arte Sobre Investigación e Innovación Tecnológica en Ganadería Bovina Tropical. Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO). 2ª edición. Pp. 255-308. INIFAP, UNAM, CONACYT.
- Torres-Acosta, J. F. J., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., Canul-Ku, H. L., y Pérez-Cruz, M. (2009). Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Universidad Autónoma de Chapingo, CRUSE, Tabasco, México, 50-62.
- Torres-Acosta, J.F.J., Pérez-Cruz, M., Canul-Ku, H.L., Soto-Barrientos, N., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A.J., Lozano-Argáes, I., Le-Bigot C., Hoste, H., 2014. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. Small Ruminant Research. 121, 27-35.
- Van Wyk J. 2001. Overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. Onderstepoort Journal of Veterinary Research 68: 55-67.

UN FILTRADO LÍQUIDO DE LA CEPA *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA* PRESENTA ACTIVIDAD NEMATICIDA CONTRA *HAEMONCHUS CONTORTUS* (L3)

[1,2*]Ocampo-Gutiérrez A.Y., [2]Higuera-Piedrahita R.I., .[3]Zamilpa A, [1] López-Arellano M.A., [4]González-Cortázar M., [1]Olmedo-Juárez A., [5]Delgado-Nuñez E.J. y [1]Mendoza-de Gives P.

[1]Laboratorio de Helmintología, Centro Nacional de Investigación disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, CENID-SAI INIFAP, Morelos, México, Boulevard Paseo Cuauhnahuac No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México.; [2]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán 54714, México; [4]Centro de Investigación Biomédica del Sur, CIBIS-IMSS. Argentina 1, Col. Centro Xochitepec, Morelos, México. CP 62790; [5]Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Autónoma del Estado de Guerrero, Iguala de la Independencia, Estado de Guerrero, CP 40040, México.

Resumen

Los hongos nematófagos (HN) son organismos saprófitos que viven alimentándose de materia en descomposición, sin embargo, al encontrarse en su ambiente con un nematodo, generan trampas, enzimas y metabolitos secundarios para poder inmovilizar, matar y finalmente destruir a los nematodos. Hasta ahora, el nematodo *Haemonchus contortus* (*Hc*) ha demostrado mayor patogenicidad en rumiantes jóvenes debido que es un nematodo hematófago, el tratamiento ha consistido en la administración de fármacos que han causado problemas como resistencia antihelmíntica, deterioros en el ambiente y en salud pública, debido a esto, se han buscado estrategias sustentables de control. Los HN son una excelente opción debido a las sustancias y metabolitos secundarios que estos producen en contra de los nematodos. El objetivo del presente estudio fué aislar e identificar una cepa de HN con actividad nematicida colectada de la zona "Río las fuentes" localizada en Jiutepec, Morelos México. Los Ensayos de identificación morfológica tradicional demostraron que esta cepa corresponde a la especie *Arthrobotrys oligospora*. El líquido filtrado cultivado en medio Czapek-Dox mostró el 49.8% de actividad nematicida evaluada a una concentración de 80 mg/mL a las 72h. Esta investigación da la pauta para llevar a cabo la identificación de compuestos con actividad nematicida aislados de filtrados líquidos del presente HN en futuras investigaciones.

Palabras clave: Hongos Nematófagos, *Haemonchus contortus*, actividad nematicida, Filtrados

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son algunos de los problemas que afectan a la agricultura a nivel mundial. El nematodo de mayor importancia económica en nuestro país es *Haemonchus contortus*, este nematodo se localiza en el abomaso de pequeños rumiantes, se alimenta de sangre provocando anemia, pérdida de apetito y ocasiona la muerte en corderos jóvenes. La hemoncosis se ha controlado mediante fármacos antihelmínticos (AH) no obstante, estos han ocasionado resistencia antihelmíntica, daños al ambiente y a la salud en los animales e inclusive en la población humana que los consume (Niciura *et al.,* 2020). Es por ello que investigadores se han dado la tarea a buscar compuestos sustentables al ambiente. El control biológico es una rama muy útil en el control de *H. contortus*. Algunos organismos que se han estudiado contra nematodos son: bacterias, protozoarios (Bjornlund y Ronn, 2008), ácaros, (Aguilar- Marcelino, 2014), nematodos

* ***yumiga2002@yahoo.com.mx***
7773443598

depredadores (Bilgrami, 2008) y hongos nematófagos (Mendoza y Torres, 2012)

Los hongos nematófagos (HN) tienen la capacidad de atrapar y digerir estadíos y formas libres de los nematodos, la mayoría de estos hongos pueden vivir como saprófitos. Los HN al encontrarse en hábitats con limitantes de sustancias nutritivas emplean a los nematodos como fuente de alimento (Mendoza de Gives *et al.,* 2022). El hongo nematófago *Duddingtonia flagrans* entra en contacto con proteínas de descamación de la epidermis del nematodo, a la cual se le ha nombrado "nemina", enviando una señalización para la formación de trampas (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2012) estas captan, adhieren y consumen a nematodos (Zhu *et al.,* 2022). Otra de las grandes razones en el estudio de estos hongos, controlar a nematodos en el campo administrándose como controladores biológicos (Nordbring- Hertz, 2011).

Un aspecto para considerar es el hecho de que los nematodos presentan barreras protectoras en la cutícula, la cual es crucial en la movilidad, mantenimiento de la integridad morfológica de los nematodos,la cutícula tiene tiene tres capas: cortical, media y basal. Es por esto que los HN presentan diferentes estrategias para matar y degradar a la cutícula de los nematodos, el mecanismo de esta depredación no está del todo dilucidado; la degradación de la cutícula comprende un mecanismo sinérgico en el que se requiere de una intensa actividad enzimática, así como eventos mecánicos y otros compuestos bioactivos (Wang *et al.,* 2006). Los metabolitos producidos por los HN principalmente de los géneros *Arthrobotrys,* pertenecen a diversas familias estructurales, tales como péptidos, sideróforos, policétidos, alcoholes grasos, amidas de ácidos grasos y además se sugiere que la expresión de estos puede ser especie- específico (Kuo *et al.,* 2020). Debido a la problemática presentada por los antihelmínticos comerciales, es importante aislar e identificar cepas con actividad nematicida, por lo que en el presente estudio el principal objetivo fue identificar la cepa aislada *A. oligospora* mediante técnicas de identificación taxonómica tradicional y evaluar la actividad nematicida *in vitro* del líquido filtrado.

Metodología

Obtención del nematodo *Haemonchus contortus*

Para la obtención de este nematodo se utilizaron ovinos de 4 meses de edad y libres de parásitos. El ovino donante del nematodo *H. contortus* se infectó artificialmente con 350 larvas (L3) por Kg, después del periodo prepatente (21 días) se recolectaron las heces que contenían huevos de *H. contortus.* Para obtener las larvas L3 se realizó la técnica de coprocultivo y para obtener larvas (L3) se utilizó la técnica de embudo de Baermann. Las larvas recolectadas se colocaron en tubos falcón de 50 mL y posteriormente se almacenaron a 4°C. Las larvas L3 de *H. contortus* se lavaron en un gradiente de densidad con sacarosa al 40%, posteriormente, las larvas se lavaron por triplicado a 3500 rpm durante 3 min. Las larvas limpias se cuantificaron y se utilizaron para llevar a cabo confrontaciones con los bioensayos correspondientes.

Obtención de cepas aisladas de Hongos nematófagos de la zona del "Río Las fuentes" en Jiutepec, Morelos

Las muestras de suelo se obtuvieron de una zona del río "Río Las fuentes" de Jiutepec, Morelos. Se obtuvieron 10 g de suelo de cada punto de colecta y estas se sembraron mediante la técnica de espolvoreo en placas de Petri, las placas se incubaron durante 5 días a temperatura ambiente (Barron 1977). La selección de las estructuras fúngicas se realizó mediante periodos de monitoreo bajo observación en el microscopio cada 24 horas. Para estimular el desarrollo de estructuras depredatorias y redes tridimensionales se agregaron nematodos *H. contortus* (L3). La purificación de los aislados se logró mediante pases consecutivos de las estructuras fungales. Para identificar a

las cepas se tomó una muestra del hongo, y las estructuras de las cepas se observaron al microscopio (conidios, septo, redes adhesivas, entre otras). Las cepas se identificaron mediante la utilización de claves de identificación taxonómicas descritas por De Hoog, 1985 y Zhang *et al*., 2022.

Obtención de filtrados líquidos de la cepa aislada *Arthrobotrys oligospora*

La cepa se mantuvo en agar bacteriológico durante 15 días a temperatura ambiente. Posteriormente, se transfirieron 3 discos de 7 mm a 50 ml de medio Czapek Dox. Los cultivos se fermentaron durante 15 días a temperatura ambiente, se filtraron con papel Whatmann 42, posteriormente se filtraron con filtros de jeringa de 0.45µm y 0.22µm. Los filtrados líquidos se liofilizaron y se almacenaron a -20°C para su posterior uso.

Evaluación de la actividad nematicida de los líquidos filtrados de las cepas *Arthrobotrys oligospora,* contra larvas infectantes de *Haemonchus contortus*

Los líquidos filtrados liofilizados de la cepa *Arthrobotrys oligospora*, se llevaron a concentraciones de 80 y 100 mg/mL. Los bioensayos se llevaron a cabo en placas de microtitulación de 96 pozos. La reacción se ajustó a un volumen final de 100 µL, colocando 150 larvas L_3 de *H. contortus* por tratamiento (Olmedo- Juárez *et al*., 2017), con sus respectivas concentraciones (80 y 100 mg/mL) se dejaron confrontar durante 72 h. En cada uno de los bioensayos se colocaron controles negativos (Czapek-Dox a 100mg/mL, controles de agua destilada). Las placas fueron incubadas durante 72 horas, 25°C. Se realizaron las lecturas, se cuantificó individualmente cada uno de los tratamientos y se estimaron los porcentajes de mortalidad conforme a la fórmula de Abbott.

Análisis estadísticos
Los datos se trasformaron mediante la función de arco seno [y = arcosin (sqrt (s/100)]. Se empleó un diseño experimental completamente al azar. Para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey mediante el software SAS (versión 9.0)

Resultados

Identificación taxonómica de la cepa aislada de la Zona del Río "Las fuentes" de Jiutepec, Morelos.

El hongo nematófago se identificó con base en su morfología y a las claves de identificación tradicional, agrupándola como *Arthrobotrys oligospora* (Fig. 1).

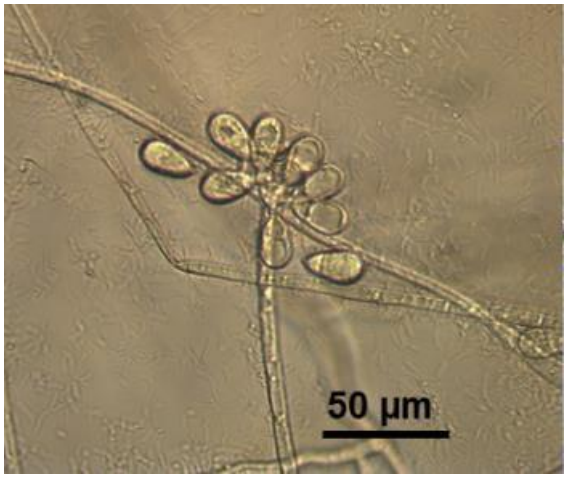


Figura 1. Morfología de la cepa aislada *Arthrobotrys oligospora* de la zona del "Río Las Fuentes" de Jiutepec, Morelos. Las imágenes muestran los conidióforos y conidios.

Evaluación de la actividad nematicida del líquido filtrado de la cepa *Arthrobotrys oligospora*

Los porcentajes de actividad nematicida se muestran en la tabla 1, se puede observar que los porcentajes de la actividad nematicida fueron mayores al evaluarse a concentraciones de 100 mg/mL durante 72h.orcentajes de actividad nematicida de los filtrados de la cepa del Hongo nematófago *Arthrobotrys oligospora* aislado de la "Zona del Río Las fuentes" contra el nematodo *Haemonchus contortus* (L3)

Tratamientos	Concentración (mg/mL)			
	80		100	
Arthrobotrys oligospora	31.76	±14.9	49.8	±17.8[a]
Control Czapek-Dox	11.7	±7.7	11.7	±7.7[b]
Control agua	2	±1	2	±1[c]

Tukey: Medias con la misma literal no muestras diferencias significativas, N=3, (±):desvest

Discusiones

Las estructuras características de los HN pueden confundirse entre sí, sin embargo, gracias a las claves de identificación morfológica se han logrado clasificar y dar un punto muy cercano a la identificación molecular. Es por esto que, es importante tomar medidas de estructuras tales como largo de conidióforos, largo y ancho de conidios, la presencia o ausencia de septos conidiales, tipo de candelabros donde se originan los conidios; además de observar si los conidióforos son de un solo tallo, ramificados o si estos son o no segmentados, además del tipo de estructuras que se presentan durante el crecimiento y desarrollo de estructuras en diferentes cultivos nutritivos. Según las características analizadas, esta cepa se clasificó dentro la especie *Arthrobotrys oligospora* según las características de Drechshler, 1944.

El aislado del HN *A. oligospora* del presente estudio ha mostrado una buena actividad nematicida

contra el nematodo *H. contortus* (L3) evaluado a una concentración de 80 y 100 mg/ml. Claramente se puede observar que el porcentaje de actividad nematicida es del 49.8% cuando se evalúa a una concentración de 100mg/mL. Estos son resultados alentadores ya que hemos descubierto esta cepa se clasifica como una cepa productora de compuestos bioactivo; además, se espera que después de las futuras purificaciones en columna abierta el compuesto bioactivo se concentre y la actividad nematicida pueda ser potencializada.

Conclusiones

Se pudo identificar mediante morfología tradicional al aislado del presente proyecto como *Arthrobotrys oligospora*. En cuanto a la actividad nematicida, se pudo determinar que la cepa *A. oligospora* es productora de compuestos nematicidas y este estudio sienta las bases para llevar a cabo futuros experimentos encaminados a llevar a cabo un fraccionamiento bio-dirigido para poder elucidar el o los compuestos responsables de la actividad nematicida.

3. Referencias

Aguilar-Marcelino, L., Quintero-Martínez, M. T., De Gives, P. M., López-Arellano, M. E., Liébano-Hernández, E., Torres- Hernández, G., & Del Prado, I. C. (2014). Evaluation of predation of the mite *Lasioseius penicilliger* (Aracnida: Mesostigmata) on *Haemonchus contortus* and bacteria-feeding nematodes. *Journal of Helminthology*, *88*(1), 20- 23.

Barron, G.L. 1977, The Nematode Destroying Fungi, Topics in Microbiology Department of Environmental Biology, University of Guelph, Canada. Canadian Biological Publications, 144: 100-150.

Bilgrami, A. L. (2008). Biological control potentials of predatory nematodes. *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes*, 3-28.

Bjornlund, L., & Rønn, R. (2008). 'David and Goliath'of the soil food web–Flagellates that kill nematodes. *Soil Biology and Biochemistry*, *40*(8), 2032-2039.

De Hoog, G.S., 1985. Taxonomy of the *Dactylaria* complex. IV. *Dactylaria*, Neta, *Subulispora* and *Scolecobasidium*.

Studies in Mycology 26: 1–60.

Drechsler, C. (1937). Some Hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. *Mycologia* 29: 447 – 552 Kuo, T. H., Yang, C. T., Chang, H. Y., Hsueh, Y. P., & Hsu, C. C. (2020). Nematode-trapping fungi produce diverse metabolites during predator–prey interaction. *Metabolites*, *10*(3), 117.

Mendoza de Gives *et al.,* 2022

Mendoza-de Gives, P., Braga, F. R., & Araújo, J. V. D. (2022). Nematophagous fungi, an extraordinary tool for controlling ruminant parasitic nematodes and other biotechnological applications. *Biocontrol Science and Technology*, *32*(7), 777-793.

Mendoza-de-Gives, P., Torres-Acosta, J. F. J., & Paz, A. (2012). Biotechnological use of fungi in the control of ruminant parasitic nematodes. *Fungi: Types, Environmental Impact and Role in Disease*, *1*, 16.

Niciura, S. C. M., Cruvinel, G. G., Moraes, C. V., Chagas, A. C. S., Esteves, S. N., Benavides, M. V., & Amarante, A. F. T. (2020). *In vivo* selection for *Haemonchus contortus* resistance to monepantel. *Journal of Helminthology*, *94*, e46.

Nordbring-Hertz, B., Jansson, H. B., & Tunlid, A. E. (2011). John Wiley & Sons, Ltd. *Chichester, UK*. Nematophagous fungi. In eLS. American Cancer Society

Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Zamilpa, A., Mendoza de Gives, P., Arece-García, J., López-Arellano, M. E., & von Son-de Fernex, E. (2017). *In vitro* larvicidal effect of a hydroalcoholic extract from *Acacia cochliacantha* leaf against ruminant parasitic nematodes. *Veterinary Research Communications*, *41*, 227-232.

Wang, M., Yang, J., & Zhang, K. Q. (2006). Characterization of an extracellular protease and its cDNA from the nematode-trapping fungus *Monacrosporium microscaphoides*. *Canadian Journal of Microbiology*, *52*(2), 130-139. Zhang, F.; Boonmee, S.; Bhat, J.D.; Xiao, W.; Yang, X.-Y. New *Arthrobotrys* Nematode-Trapping Species (Orbiliaceae) from Terrestrial Soils and Freshwater Sediments in China. J. Fungi (2022a), 8, 671. https://doi.org/10.3390/jof8070671

PARASITOSIS INTESTINAL POR NEMATODOS EN CAPRINOS CON PASTOREO EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA, CULIACÁN, SINALOA.

*González R.J.M., Martínez V.N. A. Torres G.E, Rodríguez C.A., Mendoza C.I., Acevedo R.P.M.C.

* Juan Manuel González Roa. Estudiante de Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Biociencia Talleres y Divulgación Científica A.C. Laureles Mz 8, Lt 21, Col. Forestal, Gustavo A. Madero, CDMX, perlaacevedoram@gmail.com, 52(55)31996553.

Modalidad: Oral. Área: Enfermedades parasitarias.

Resumen.

El estudio se realizó en Baila, Culiacán, Estado de Sinaloa, ecosistema definido como selva baja caducifolia, se colectaron 24 muestras de caprinos, para determinar las frecuencias e intensidades de los géneros de nematodos gastrointestinales en abril 2023, se registró una frecuencia del 45.8% y una intensidad de 100 hpg (50-200). Los géneros encontrados fueron: *Chabertia ovina, Oesophagostomum sp, Trichostrongylus sp, Haemonchus sp y Cooperia spp*. Los productores de Baila administran desparasitante cada medio año, aunque los animales no lo requieran, al ser un ecosistema con dos temporadas definidas al año (sequía y lluvia), se considera benéfico no desparasitar a los caprinos en temporada seca, porque se registró una carga parasitaria baja, el ambiente no se encuentra con las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo y reproducción de nematodos parásitos.

Introducción

La caprinocultura es una actividad económica con potencial en regiones con ambientes secos ya que pueden producir carne y leche (Palomares Reséndiz, *et al*., 2021), sin embargo, los parásitos pueden ocasionar pérdidas económicas, Un problema latente es la infección con nematodos gastrointestinales que habitan en el tracto digestivo de los caprinos (NGI) de diferentes géneros (Aguilar-Caballero *et al*., 2009) ya que provocan pérdida de peso, de condición corporal, anemia y en ocasiones la muerte de los animales (Caballero, *et al*., 2011). Por esta razón los productores administran desparasitantes de acuerdo a calendario o cuando se tienen los recursos necesarios, sin embargo, en ocasiones se administra, aunque los animales no lo necesiten, afectando a la fauna edáfica, contaminando el suelo, agua y la salud de los trabajadores de la comunidad (Martínez, I., y Cruz, M. 2009). Es importante conocer la frecuencia e intensidad de NGI y los géneros que lo componen en los caprinos que pastorean en selva baja caducifolia, para determinar si es necesario el empleo de desparasitantes en época seca, con altas temperaturas y baja humedad.

Objetivo

Conocer la frecuencia e intensidad de NGI y géneros en caprinos con pastoreo en la selva baja caducifolia.

Material y Métodos

El estudio se realizó en Baila, Culiacán, Sinaloa, ecosistema clasificado como selva baja caducifolia con estacionalidad definida (sequía y lluvia). En abril 2023, se recolectaron 24 muestras de heces del recto de caprinos en bolsas de plástico, los 24 caprinos se veían clínicamente sanos, los animales pastorean en parcelas con vegetación nativa de la selva baja caducifolia y se estabulan ocasionalmente para ordeñar, los productores mencionaron que se administra desparasitante dos veces al año, cuando el productor tiene los recursos para comprar el desparasitante, no cuentan con aretamiento. Las heces fueron trasladados al laboratorio, se mantuvieron en refrigeración y posteriormente se realizó la técnica de Mc Master modificada para el registro y conteo de estructuras parasitarias, se obtuvo la frecuencia e intensidad de huevos por gramo de heces (hpg). Con las muestras positivas se hizo in coprocultivo para la identificación de géneros a través de larvas 3.

Resultados.

La frecuencia obtenida de las 24 muestras colectadas de caprinos fue de 45.83%, la intensidad fue de 100 hpg (50-200), los géneros identificados fueron: *Chabertia ovina* (52%), *Oesophagostomum sp* (21%), *Trichostrongylus sp* (20%)*, Haemonchus sp* (6%) *y Cooperia spp* (1%) (Figura 1).

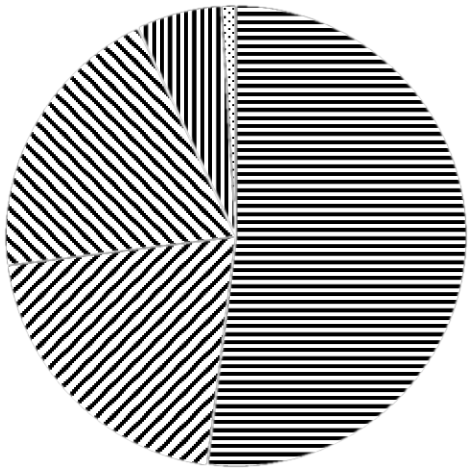


Figura 1. Géneros obtenidos de nematodos gastrointestinales en caprinos de Baila, Culiacán, Sinaloa.

Discusión y Conclusiones.

La frecuencia fue moderada y la intensidad obtenida fue baja, aunque su alimento lo obtienen de la vegetación nativa de la selva baja caducifolia al desplazarse reducen el contacto con los parásitos, también los caprinos cuentan con mecanismos naturales para enfrentar a los NGI, la resiliencia y la resistencia (Aguilar Caballero y Torres Acosta, 2006) además, que el muestreo se realizó en temporada seca, con temperatura elevada y humedad baja, siendo estas condiciones no favorables para el desarrollo y reproducción de los NGI, por lo que se recomienda reducir la administración de desparasitante en la temporada de sequía.

Agradecimientos: al Sr. Heriberto Landeros Tapia y al Sr. Víctor López.A Biociencia Talleres y Divulgación Científica A.C.

Literatura citada.

Aguilar Caballero, A.J., Torres Acosta, J.F.J., y Cámara Sarmiento, R. 2009. Importancia del parasitismo gastrointestinal en ovinos y situación actual de la resistencia antihelmíntica en México. Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 1-11.

Angulo Cubillán, F. 2005. Nematodosis gastrointestinales. Manual de Ganadería Doble Propósito. C. González-Stagnaro, E. Soto-Belloso. (Eds). Maracaibo: Ediciones Astro-Data, SA.

Caballero, A.J.A., Sarmiento, R.C., Acosta, J.F.T. y Castro, C.S. 2011. El control de los nematodos gastrointestinales en caprinos: ¿dónde estamos? Bioagrociencias., 4(2), 1-16.

Martínez, I., y Cruz, M. 2009. El uso de químicos veterinarios y agrícolas en la zona ganadera de Xico, centro de Veracruz, México, y el posible impacto ambiental. Acta zoológica mexicana, 25(3), 673-681.

Palomares Reséndiz, G., Aguilar Romero, F., Flores Pérez, C., Gómez Núñez, L., Gutiérrez Hernández, J., Herrera López, E., Limón González, M., Morales Álvarez, F., Pastor López, F. y Díaz Aparicio, E. 2021. Enfermedades infecciosas de relevancia en la producción caprina, historia, retos y perspectivas. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12(3), 205-223.

PARASITOSIS INTESTINAL POR NEMATODOS EN BOVINOS CON PASTOREO EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE SINALOA.

*Martínez V.N.A.[1], González R.J.M., Torres G.E, Rodríguez C. A., Cruz M.I., Acevedo-Ramírez.P.M.C.

[1]Nadia Alejandra Martínez Velázquez. Estudiante de Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Biociencia Talleres y Divulgación Científica A.C. Laureles Mz 8, Lt 21, Col. Forestal, Gustavo A. Madero, CDMX, perlaacevedoram@gmail.com, 5531996553

Modalidad: Oral. Área: Enfermedades parasitarias.

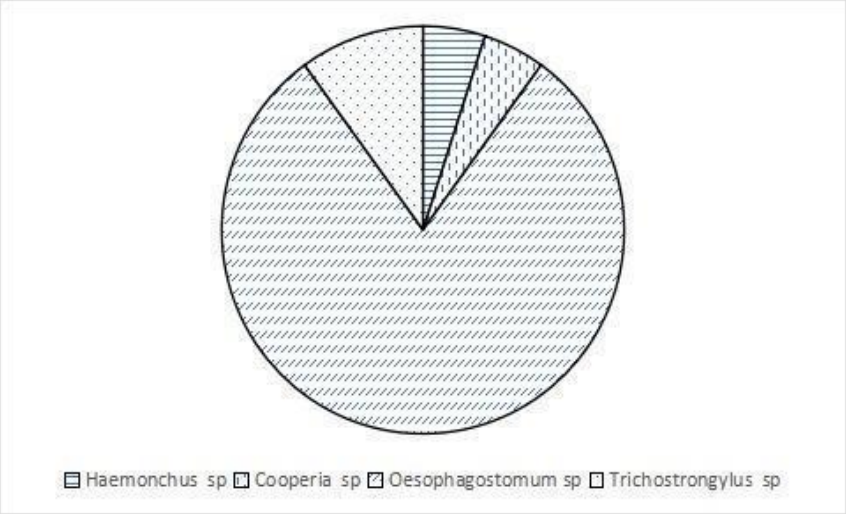
Resumen. En 25 bovinos de Culiacán, Sinaloa, con pastoreo en de agostadero con vegetación nativa de selva baja caducifolia, se colectaron muestras fecales para determinar la frecuencia e intensidad y géneros de nematodos gastrointestinales en la época seca (abril 2023). Se registró una frecuencia del 17% y una intensidad de 50 hpg (50-200). Los géneros fueron *Oesophagostomum* sp, *Trichostrongylus* sp, *Haemonchus* sp y *Cooperia* sp. En la temporada seca se registró una carga parasitaria leve por lo que no se considera necesario desparasitar al ganado.

Introducción. Los nematodos gastrointestinales (NGI) se encuentran en el tracto digestivo de los rumiantes (Quiroz, 2006), representan pérdidas económicas porque provocan falta de apetito, disminución en el peso, anemia y pérdida de condición corporal. La presencia de NGI dependen de varios factores que interactúan, como el ambiente y el huésped. Los desparasitantes se emplean de acuerdo a un calendario (Torres-Acosta et al., 2005), sin embargo, en ocasiones se administran aunque los animales no lo requieran generando consecuencias para el ambiente y la salud pública ya que algunos desparasitantes no se degradan del todo en el cuerpo de los animales y ponen en peligro a otros organismos benéficos como los artrópodos, también llegan a contaminar los mantos acuíferos; en la salud pública se tiene el riesgo de contaminar la carne e incluso la leche (Reyes-Guerrero et al., 2021). Para evitar el uso excesivo de los desparasitantes es necesario conocer la frecuencia e intensidad de NGI y sus géneros en los bovinos que pastorean en la selva baja caducifolia donde hay altas temperaturas y baja humedad y las condiciones para la proliferación de parásitos no son las más adecuadas (Morales et al., 2001).

Material y Métodos. El estudio se realizó en la sindicatura de Baila, Culiacán, Sinaloa, ecosistema clasificado como selva baja caducifolia con clima seco y estacionalidad definida (sequía y lluvia). Se emplearon 25 bovinos hembras criollas de doble propósit,o lactantes, clínicamente sanas. Los animales pastorean en parcelas con vegetación nativa de selva baja caducifolia, se estabulan ocasionalmente para ordeñar; dos veces al año se administra desparasitante, vitaminas, vacunas y

aretamiento. En abril de 2023 se recolectaron muestras de heces del recto en bolsas de plástico y fueron trasladados al laboratorio, se mantuvieron en refrigeración. Se realizó la técnica de McMaster modificada para el registro y conteo de estructuras parasitarias; se obtuvo la frecuencia e intensidad de huevos por gramo de heces (hpg). Con las muestras positivas se hizo coprocultivo para la identificación de géneros a través de larvas 3. Al momento de la colecta de las muestras no se había administrado desparasitante alguno.

Resultados. La frecuencia fue de 17%, la intensidad fue de 50 hpg (50-200) considerado como leve. Los géneros identificados fueron: *Oesophagostomum* sp (80%), *Trichostrongylus* sp (10%), *Haemonchus* sp (5%) y *Cooperia* sp (5%) (Figura 1).



Gráfica 1. Géneros de nematodos gastrointestinales identificados en bovinos de Culiacán, Sinaloa.

Discusión y Conclusiones. La frecuencia e intensidad se consideran leves, ya que se trata de bovinos adultos y principalmente a que en esta temporada seca no hay condiciones adecuadas para el desarrollo de las formas infectantes que son las larvas 3, la temperatura elevada y la humedad baja disminuyen la contaminación de la pastura. Los bovinos con pastoreo en selva baja caducifolia mostraron parasitosis leve y se encuentran clínicamente sanas y la incorporación de los agostaderos en sistemas de pastoreo reduce las infeciones por nemátodos gastrointestinales ya que los árboles, arbustos y hierbas presentes en estos lugares forman un ambiente menos favorable para la infección de las larvas en comparación con el pasto en monocultivo, y en segundo lugar la carga animal aplicada en el agostadero es usualmente menor que en las praderas de gramíneas con respecto a la disponibilidad de alimentos (Soca et al., 2005) por lo que en esta temporada no se recomienda la administración de desparasitante.

Agradecimientos: al Sr. Heriberto Landeros Tapia y a los señores Humberto Tapia Hernández y Evaristo Ríos Landeros. A Biociencia Talleres y Divulgación Científica A.C.

Literatura citada.

Morales G., Pino L., Sandoval E., De Moreno L., JImémez D., Balestrini C.2001. Dinámica de los niveles de infección por estrongilidos digestivos en bovinos a pastoreo. Parasitol. 25 (3-4)

Quiroz, H. 2006. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. Edit. Limusa, México.

Reyes-Guerrero, D.E, Olmedo-Juárez, A., Mendoza-de Gives, P. 2021. Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12(3), 186-204. Epub 24 de enero de 2022.

Soca, M., Roque, E., Soca, M. 2005. Epizootiología de los nemátodos gastrointestinales de los bovinos jóvenes Pastos y Forrajes, 28(3): 175-185

Torres-Acosta, F., Aguilar-Caballero, A. 2005 "Epidemiología, prevención y control de nematodos gastrointestinales en rumiantes". En enfermedades de importancia económica en Producción Animal. MC Graw Hill, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

EVALUACIÓN DE AISLADOS DE METARHIZIUM ANISOPLIAE (SL) SOBRE LA MORTALIDAD EN LARVAS DE RHIPICEPHALUS MICROPLUS

[*]Velazquez S. F.[1,3], Rodríguez V. R. I.[1], Alonso D. M. A.[2], Fernández S. A.[2], Romero S. D.[3]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.
[2]Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

RESUMEN

Se evaluó la mortalidad en larvas de *Rhipicephalus microplus (Ixodida: Ixodidae)* de catorce cepas de *Metarhizium anisopliae sensu lato* aisladas de suelos de Unidades de Producción Bovina. Se estimó el porcentaje de mortalidad en larvas mediante la prueba de inmersión larvaria a una dosis de 1×10^8 conidios/ml para cada aislado fúngico. Todos los aislados de *M. anisopliae (s.l.)* mostraron tener una alta efectividad en contra de larvas de *R. microplus* (66 - 100 %). Se concluye que las cepas de *M. anisopliae (*sl) aislados de suelos con ganadería bovina de este estudio, demostraron ser altamente efectivos en la mortalidad contra larvas de *R. microplus.*

INTRODUCCIÓN

Las garrapatas son consideradas uno de los principales problemas de salud que enfrenta el ganado bovino alrededor del mundo, siendo *Rhipicephalus microplus* (Canestrini 1887) *(Ixodida: Ixodidae*) el más importante. Esta garrapata puede causar cuantiosas pérdidas económicas alrededor del mundo (De Castro et al. , 1997; Ram et al., 2004; Jonsson, 2006), en México, esta garrapata se ha caracterizado por su alta presencia en una gran parte del territorio nacional y provocar pérdidas económicas por 573,61 millones de dólares al año (Rodríguez-Vivas et al., 2017), además se ha reportado que este problema se ha agudizado por la capacidad de las garrapatas de desarrollar resistencia a los acaricidas químicos utilizados para su control, incluyendo la existencia de poblaciones resistentes a varias familias químicas (Fernández-Salas et al., 2012), por lo que el aumento de las dosis de acaricidas y la frecuencia de su aplicación pueden provocar la presencia de residuos químicos en suelos y agua (Adum et al., 2021), lo que se ha considerado un problema que puede desencadenar un grave efecto ecológico. Estos fenómenos, han motivado la necesidad de buscar opciones que ayuden a controlar las garrapatas y reducir el uso de productos químicos en el ganado. Entre las principales alternativas que se han explorado están el uso de hongos entomopatógenos (HEP) (Rodríguez-Vivas et al., 2018). Estos últimos han sido mencionados como una de las alternativas más prometedoras para el control de garrapatas por diversas características beneficiosas (Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021; Fernández-Salas et al., 2017). *Metarhizium anisopliae* es uno de los HEP que más se ha reportado como biocontrolador de garrapatas en condiciones de laboratorio y de campo (Ojeda-Chi et al., 2010; Schrank y Vainstein, 2010; Alonso-Díaz et al., 2022) y uno de los hongos que más se encuentran en los microecosistemas que coexisten con las garrapatas (Fernández-Salas et al., 2020). Por lo tanto, es muy importante evaluar su comportamiento acaricida a diferentes niveles y frente a todas las fases biológicas de *R. microplus* para comprender mejor su interacción patogénica, sobre todo aquellos aislados de suelos con actividad ganadera. Además, el éxito de una estrategia de control biológico de garrapatas debe considerar no sólo el tratamiento de la fase parasitaria en el ganado, sino también las fases no parasitarias en los pastos (fase de vida libre). El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia acaricida de *Metarhizium anisopliae* aislado en Unidades de Producción Bovina (UPB) sobre larvas de *R. microplus*.

[*] ***Velázquez Sarmiento Francisco. JM García No. 793, Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver., CP 91897. frvelazquez@uv.mx, 2292650228. Modalidad: Cartel. Área: Enfermedades Parasitarias.**

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de suelo en 20 UPB del municipio de Veracruz (19º10'51"N, 96º08'34"W) ubicadas en la zona central del estado de Veracruz, México, con actividad ganadera extensiva de ganado vacuno y alta prevalencia de Garrapatas *R. microplus*. Las UPB se seleccionaron estratégicamente por problemas de infestación en el ganado por garrapatas y consentimiento del propietario para realizar el muestreo. En cada UPB se obtuvieron muestras de suelo de potreros en donde se recolectaron submuestras de 200-300 g cada una, se homogeneizaron y depositaron en bolsas de polietileno debidamente identificadas (INTA, 2000). Las submuestras se tomaron de los extremos y del centro utilizando un camino en forma de ‘‘X’’ con 50 m entre los puntos de las submuestras (ninguno de los potreros superó las 10 ha de área) (Rendón, 1994). Las muestras se tomaron con un muestreador de suelo de barreno (Lord 0225e, Soilmoisture, CDMX, México) a una profundidad de 200-220 mm (INTA, 2000) y 30 mm de diámetro, sin considerar la materia orgánica. Las muestras se colocaron en hieleras plásticas con refrigerantes para su protección y transporte al Laboratorio de Salud Animal (LSA) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-FMVZ-UNAM) en Martínez de la Torre, Veracruz, México

Se utilizó el método de cebo de *Galleria mellonella* para aislar HEP de muestras de suelo (Zimmerman, 1986). Brevemente, las muestras de suelo se humedecieron con agua destilada y se pasaron por un tamiz de 2 mm. Se depositaron 300-350 g de suelo tamizado en recipientes y se añadieron 5 larvas de *G. mellonella* de tercer estadio al cebo de HEP. Los contenedores se incubaron a 27 ± 2° C durante dos semanas y se invirtieron cada 2 días para promover el contacto entre la larva y el suelo. Las larvas que mostraron signos de micosis en la inspección se separaron de los suelos para su tratamiento. Después de la incubación, las larvas trampa de *Galleria* se retiraron del suelo, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.5% durante 3 min, se lavaron con agua destilada tres veces y se secaron con papel absorbente. Las larvas se depositaron individualmente en cajas Petri (60 x 10 mm) con papel filtro esterilizado Whatman #1 (Neocitec, CDMX, México), y se incubaron durante 10 días a 27 ± 2 °C y 80–95% de humedad relativa (HR). Las larvas se inspeccionaron diariamente en busca de signos de micosis, para verificar las condiciones de humedad y descartar larvas y pupas infectadas con bacterias.

Las larvas que produjeron esporas fúngicas sobre su estructura fueron seleccionadas para tomar muestra con asa bacteriológica estéril, y cultivadas en agar dextrosa saboraud con 0.1 g/l de estreptomicina y 0.5 g/l de oxitetraciclina e incubadas a 27 ± 2 °C y 80-95 % de HR durante 21 días. Después del crecimiento, los HEP fueron identificados taxonómicamente con base en las características morfológicas de las estructuras reproductivas, forma y tamaño de los conidios y características de crecimiento según claves taxonómicas (Eken, 2012; Samson et al., 2013). Se descartaron las larvas infectadas con hongos oportunistas (Penicillium spp., Aspergillus spp. o Fusarium spp.).

Los hongos identificados como entomopatógenos fueron cultivados en medio agar dextrosa Saboraud y enriquecidos con agar bacteriológico, extracto de levadura y 250 mg de cloranfenicol, e incubados en las mismas condiciones descritas anteriormente (Moorhouse et al., 1993) con el propósito de para obtener cultivos monospóricos y conidios para bioensayos.

Los conidios se recolectaron por raspado, se suspendieron en una solución de agua destilada estéril que contenía Tween 80 al 0.1 % (v/v) y se homogeneizaron en un vórtice. Las concentraciones se determinaron por conteo directo utilizando un hemocitómetro Neubauer y se ajustaron a 1×10^8 conidios/ml con la misma solución.

A su vez, se obtuvo la cepa MaV25 de la colección micológica CEIEGT-FMVZ-UNAM y se reprodujo en las mismas condiciones descritas anteriormente para los aislados de HEP. Esta cepa se utilizó como control positivo debido al buen efecto de mortalidad y estabilidad que ha mostrado frente a la garrapata *R. microplus* en estudios previos (Fernández-Salas et al., 2017).

Cincuenta hembras repletas de *R. microplus* de al menos 15 vacas F1 (Holstein x Cebú) fueron colectadas del área de producción de leche CEIEGT-FMVZ-UNAM e inmediatamente transportadas al LSA del mismo centro. Las garrapatas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1%, se lavaron tres veces con agua destilada y se secaron con papel absorbente estéril. Posteriormente, las garrapatas se incubaron a 27 ± 2 °C y 80-90% HR hasta el día 14. Pasado este tiempo, se obtuvo la masa de huevos (Cen et al., 1998) y se transfirieron a viales de vidrio (10 ml) con un algodón para permitir la circulación de aire. El noventa y cinco por ciento de las larvas eclosionaron

aproximadamente entre 15 y 17 días después. En los bioensayos se utilizaron las larvas eclosionadas con 7 a 14 días de edad (Rodríguez-Vivas et al., 2006).
Aproximadamente 100 larvas de R. microplus fueron expuestas a cada hongo aislado y al control positivo (MaV25) mediante la prueba de inmersión larvaria por 1 min en una suspensión de 1×10^8 conidios/ml en agua destilada con Tween 80 al 0.1% en tubos Eppendorf de capacidad de 1.5 ml. Posteriormente, las larvas fueron obtenidas y colocadas en paquetes de papel filtro Whatman #1 de 6,5 x 7,5 cm. Los paquetes fueron sellados e incubados a 27 ± 2 C y 80-85% HR durante 20 días (Cen et al., 1998). Un grupo de larvas se expuso únicamente a agua destilada con Tween 80 al 0.1% en las mismas condiciones y se consideró como grupo de control negativo. Se realizaron tres repeticiones para cada grupo de tratamiento y control. Los paquetes se abrieron el día 20 y se determinó la mortalidad. Las larvas se consideraron muertas por la ausencia de movimiento tras la estimulación (inmóviles o sin poder moverse) y/o la observación de micosis en su estructura cuticular. El porcentaje de mortalidad en se calculó mediante la fórmula: % mortalidad = garrapatas muertas / garrapatas totales*100

La eficacia (mortalidad corregida) de cada cepa de hongo contra larvas se determinó utilizando la fórmula de Abott (1925):

$$\%\, eficacia = \frac{x - y}{x}\ (100)$$

donde “x” es el porcentaje de garrapatas vivas en el grupo de control e “y” es el porcentaje de garrapatas vivas en el grupo tratado.
El efecto acaricida sobre la mortalidad de las larvas se analizó mediante la prueba de U Mann Whitney (SPSS V.26).

RESULTADOS

En total se aislaron 14 cepas de hongos entomopatógenos, que en la evaluación taxonómica se identificaron como *Metarhizium anisopliae (s.l.).*
Las mortalidades de las larvas de R. microplus obtenidas con las 14 cepas de *M. anisopliae (s.l.)* (66-100%) fueron superiores a las del grupo control negativo ($p < 0,05$). La eficacia acaricida de seis cepas de *M. anisopliae* fue superior al 85% (Tabla 1).

Table I. Porcentaje de mortalidad y eficacia obtenida con *Metarhizium anisopliae (sl)* aislados de suelos de UPB sobre larvas de *Rhipicephalus microplus*.

Cepas evaluadas	% Mortalidad Control (± DE*)	% Mortalidad Tratamiento (± DE)	% Eficacia
MaV25(C+)†	9.78 ± 4.90^a	80.16 ± 6.25^b	78.01
MaV70	9.78 ± 4.90^a	66.17 ± 13.14^b	62.50
MaV71	9.78 ± 4.90^a	96.86 ± 3.70^b	96.52
MaV72	9.78 ± 4.90^a	89.34 ± 4.54^b	88.18
MaV73	9.78 ± 4.90^a	74.71 ± 6.01^b	71.97
MaV74	9.78 ± 4.90^a	74.93 ± 6.43^b	72.21
MaV75	9.78 ± 4.90^a	93.11 ± 5.81^b	92.37
MaV76	22.27 ± 3.46^a	90.67 ± 3.89^b	87.99
MaV77	22.27 ± 3.46^a	100.00 ± 0.00^b	100.00
MaV80	22.27 ± 3.46^a	87.82 ± 0.67^b	84.34
MaV81	22.27 ± 3.46^a	84.06 ± 4.25^b	79.50
MaV82	22.27 ± 3.46^a	76.86 ± 4.25^b	70.23
MaV83	22.27 ± 3.46^a	82.19 ± 7.12^b	77.09
MaV84	22.27 ± 3.46^a	85.79 ± 0.96^b	81.72
MaV85	22.27 ± 3.46^a	92.77 ± 10.22^b	90.70

*DE: Desviación estándar; †C+: Control positivo. Literales diferentes entre columnas indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Todas las cepas de *M. anisopliae* mostraron una alta eficacia de mortalidad contra larvas de *R. microplus* (66-100%), destacando cinco cepas con mortalidades superiores al 90%. Ojeda-Chi et al. (2010) reportaron mortalidades de 34-62% en larvas de esta misma especie de garrapata y Fernández-Salas et al. (2019), encontraron que 28 cepas de *M. anisopliae* tenían una efectividad menor al 50%. Otros estudios han reportado cepas de *M. anisopliae* con efectividad superior al 90% (Fernández-Salas et al., 2019; Mesquita et al., 2020; Jones et al., 2021), en concordancia con este estudio. Estas mortalidades obtenidas se consideran altas, ya que, en general, se ha mencionado que las garrapatas son naturalmente menos susceptibles a los efectos de la HEP en comparación con otros artrópodos (Ment et al., 2012). Los principales factores que pueden explicar la variabilidad en la efectividad de HEP contra las garrapatas *R. microplus* han sido mencionados en algunos estudios (Perinotto et al., 2012b; Fernández-Salas et al., 2019), donde la alta o baja expresión de virulencia y patogenicidad fúngica están influenciadas por el ambiente en el que se desarrollan los hongos, la interacción natural hongo-plaga y la expresión de genes a través de diversos procesos evolutivos. Al respecto, se ha planteado la hipótesis de que las cepas de HEP que interactúan con el artrópodo a controlar en su ecosistema muestran una mejor adaptación para colonizarlo, provocando su muerte en menor tiempo (Fernández-Salas et al., 2019). Se concluye que las 14 cepas de *M. anisopliae (sl)*, aisladas en suelos de UPB de este estudio, demostraron ser altamente efectivas contra larvas de *R. microplus*.

REFERENCIAS

Abott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18: 265–267.

Adum, A. N., Gibson, G., Chimbevo, L. M., Oshule, P. S., Essuman, S., and Asamba, M. N. 2021. Detection and quantification of chlorpyrifos in soil, milk, dip wash, spray race residues using high performance liquid chromatography in selected dairy farms in Kenya. Science. *9*(4): 88–95.

Alonso-Díaz, M. A. and A. Fernández-Salas. 2021. Entomopathogenic Fungi for Tick Control in Cattle Livestock from Mexico. Front. Fungal Biol. 2: 657–694.

Alonso-Díaz, M. Á., Fernández-Salas, A., Galindo-Velasco, E., Lezama-Gutiérrez, R., and Contreras-Lara, D. 2022. Effect of *Metarhizium anisopliae* 1 (Ma14 Strain) against Rhipicephalus microplus 2 on Cattle Infested Naturally. Southwestern Entomologist. *47*(2): 285–290.

Cen, A. J., Rodríguez, V. R. I., Domínguez, A. J. L., and G. Wagner. 1998. Studies on the effect on infection by Babesia spp. on oviposition of *Boophilus microplus* engorged females naturally infected in the Mexican tropics. Vet. Parasitol. 78: 253–257.

De Castro, J. J., James, A. D., Minjauw, B., Di Giulio, G. U., and A. Permin. 1997. Long-Term studies on the economic impact of ticks on Sanga cattle in Zambia. Exp Appl Acarol. 21: 3–19.

Eken, C. 2011. Isolation, identification and preservation of entomopathogenic fungi. In: Borgio, J. F., Sahayaraj, K., and I. A. Ausurluk. (Eds.), Microbial Insecticides; Principles and Applications. Nova Science Publishers, Inc., pp. 492.

Fernández-Salas, A., Rodríguez-Vivas, R. I., and M. A. Alonso-Díaz. 2012. First report of a Rhipicephalus microplus tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. Veterinary Parasitology. 183(3–4): 338–342.

Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., Alonso-Morales, R. A., Lezama-Gutiérrez, R., Rodríguez-Rodríguez, J. C., and J. A. Cervantes-Chávez. 2017. Acaricidal activity of *Metarhizium anisopliae* isolated from paddocks in the Mexican tropics against two populations of the cattle tick *Rhipicephalus microplus*. Medical and Veterinary Entomology, 31: 36–43.

Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., and R. A. Alonso-Morales. 2019. Effect of entomopathogenic native fungi from paddock soils against *Rhipicephalus microplus* larvae with different toxicological behaviors to acaricides. Experimental Parasitology. doi:10.1016/j.exppara.2019.107729

Fernandez-Salas, A., Alonso-Morales, R. A., and M. A. Alonso-Díaz. 2020. Distribution of entomopathogenic fungi in soils of cattle farms and factors associated with their presence in the Mexican Tropics. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 23(3): 1–12

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2000. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelos. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmptcnicas_de_toma_y_remisin_de_muestra s_de_suelos.pdf.
Jones, G. A., de Souza Perinotto, W. M., Camargo, M. G., Golo, P. S., and V. R. E, P. Bittencourt. 2021. Selection of *Metarhizium* spp. Brazilian isolates to control *Rhipicephalus microplus* ticks: in vitro virulence tests and conidiogenesis. Brazilian Journal of Veterinary Medicine, 43(1): e002020-e002020.
Jonsson, N. N. 2006. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. Veterinary parasitology. 137(1-2): 1–10.
Ment, D., Churchill, A. C., Gindin, G., Belausov, E., Glazer, I., Rehner, S. A., Rot, A., Donzelli, B. G. G., and M. Samish. 2012. Resistant ticks inhibit *Metarhizium* infection prior to haemocoel invasion by reducing fungal viability on the cuticle surface. Environ Microbiol 14:1570–1583
Mesquita, E., Marciano, A. F., Corval, A. R., Fiorotti, J., Corrêa, T. A., Quinelato, S., ... and P. S. Golo. 2020. Efficacy of a native isolate of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against larval tick outbreaks under semifield conditions. BioControl. *65*: 353–362.
Moorhouse, E. R., Gillespie, A. T. and A. K. Charnley. 1993. Selection of virulent and persistent *Metarhizium anisopliae* isolates to control black vine weevil (*Otiorynchus sulcatus*) larvae on glasshouse begonia. Journal of Invertebrate Pathology. 62: 47–52.
Ojeda-Chi, M. M., Rodriguez-Vivas, R. I., Galindo-Velasco, E., and R. Lezama-Gutiérrrez. 2010. Laboratory and field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of *Rhipicephalus microplus* (Acari: ixodidae) in the Mexican tropics. Vet. Parasitol. 170: 348–354.
Perinotto, W. M. S., Angelo, I. C., Golo, P. S., Quinelato, S., Camargo, M. G., Sá, F. A., and V. R. E. P. Bittencourt. 2012a. Susceptibility of different populations of ticks to entomopathogenic fungi. Exp. Parasitol. 130: 257–260.
Ram, H., Yadav, C. L., Banerjee, P. S., and V. Kumar. 2004. Tick associated mortality in cross-bred cattle calves. Indian Veterinary Journal. 81: 1203–1205.
Rodríguez-Vivas, R. I., Alonso-Díaz, M. A., Rodríguez-Arévalo, F., Fragoso-Sánchez, H., Santamaria, V. M., and R. Rosario-Cruz. 2006. Prevalence and potential risk factors for organophosphate and pyrethroid resistance in *Boophilus microplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, Mexico. Vet. Parasitol. 136: 335–342.
Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., de León, A. A. P., Villela, H. S., de Jesús Torres-Acosta, J. F., Sánchez, H. F., and D. G. Carrasco. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8: 61–74
Rodriguez-Vivas R. I., Jonsson, N. N., and C. Bhushan. 2018. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. Parasitology Research. 117(1): 3–29.
Samson, R. A., Evans, H. C., and J. P. Latge. 2013. An atlas of entomopathogenic fungi. Berlín, Germany. Springer.
Schrank, A., and M. H. Vainstein. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. Toxicon. 56: 1267–1274.
Zimmermann, G. 1986. The 'Galleria bait method' for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of applied Entomology. 102: 213–215.

PRÁCTICAS DE MANEJO EN EL GANADO BOVINO QUE FAVORECEN LA RESISTENCIA A DE LA GARRAPATA *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* A IXODICIDAS EN TRES MUNICIPIOS DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN, OAXACA

*Cruz R.G., Aguilar M.C.U, Hernández M.W., Rueda B.J.A.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es conocer las prácticas de manejo en el ganado bovino que favorecen la resistencia de la garrapata *R. microplus* a ixodicidas en tres municipios de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. El estudio se llevó a cabo en los municipios de Loma Bonita, Ojitlán y Tuxtepec, ubicados la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. Inicialmente, se contactó a las asociaciones ganaderas locales de Ojitlán, Loma Bonita y Tuxtepec, con el fin de informarles sobre la presente investigación y solicitarles su participación. Se aplicó una encuesta semiestructurada a 89 productores que incluyó información básica del productor y la unidad productiva, tipo de ganado utilizado, potreros en los que se divide el terreno y manejo que se hace de los mismos, manejo general, actividades relacionadas con el control químico de la garrapata (principios activos que se utilizan, frecuencia de tratamientos a lo largo del año, concentración o dosis del producto, rotación de productos) y percepción de efectividad de los productos utilizados. La información fue capturada en una hoja del programa estadístico Excel (Microsoft) y procesada mediante estadística descriptiva. Las variables continuas fueron analizadas mediante análisis de varianza. Las diferencias entre medias se establecieron mediante la prueba de Tukey. Las proporciones entre poblaciones se compararon mediante la prueba de Chi cuadrada. Para todos los análisis estadísticos, se utilizó una significancia del 0.05. Las unidades de producción ubicadas en Tuxtepec tuvieron una mayor superficie de pastoreo y número de potreros ($P<0.05$). No se encontraron diferencias significativas entre municipios para el tipo de pastoreo y vegetación ($P>0.05$). Los productores de Tuxtepec aplican una mayor cantidad de litros por animal en el baño de aspersión y utilizan como criterio para bañar la cantidad de garrapatas en los animales ($P<0.05$). Los meses donde más bañan son los que corresponden a la época de secas. Todas las unidades de producción utilizan cruzas de ganado europeo y razas cebuínas ($P>0.05$). La mayor parte de los productores de los tres municipios no recibe asesoría técnica para llevar a cabo el control químico de la garrapata y utiliza el baño de aspersión ($P>0.05$). De manera indistinta, los productores utilizan la dosis recomendada por el laboratorio o dosis arbitrarias determinadas por ellos. Aproximadamente la mitad de los productores en los tres municipios no realiza rotación de ixodicidas y mezclan productos comerciales de manera manual. Se concluye que existen varios factores de manejo del ganado bovino que se realizan en los tres municipios que contribuyen al establecimiento de la resistencia de la garrapata *R. microplus* a los ixodicidas.

INTRODUCCIÓN

La garrapata *Rhipicephalus microplus* (*R. microplus*) es el principal ectoparásito que afecta al ganado bovino en las zonas tropicales y subtropicales de México y el mundo (Rodríguez-Vivas *et al.,* 2012). Este arácnido afecta el bienestar animal, disminuye los parámetros productivos y reproductivos y produce manifestaciones clínicas como la anemia y la parálisis. Asimismo, puede actuar como vector

* Guillermo Cruz Rodríguez. Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca, México, CP. 68400. memo-cruz@hotmail.com, 2811072905.

en enfermedades como la babesiosis, anaplasmosis y micoplasmosis (Taylor *et al.,* 2007; Yessinou *et al.,* 2016).

El control de la garrapata *R. microplus* se ha logrado principalmente mediante el uso de garrapaticidas sintéticos conocidos como ixodicidas (Guerrero *et al.*, 2012). Existen varios grupos de ixodicidas aprobados para el control de dicha garrapata en México, entre los que destacan los organofosforados, amidinas, piretroides, fenilpirazolonas, endectocidas e inhibidores del desarrollo (Rodríguez-Vivas *et al.,* 2012). A pesar de que inicialmente los compuestos mencionados mostraron alta eficiencia en la eliminación de los ectoparásitos, actualmente se han reportado muchas subpoblaciones de garrapatas que muestran resistencia al control químico.

En el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, predomina un clima tropical cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano (Castro *et al.,* 2022). La región cuenta con altas temperaturas y humedades relativas, así como cubierta vegetal en el suelo, factores que son óptimos para desarrollo de la garrapata *R. microplus* (Jacho-Merino, 2015). En los últimos años, los productores refieren una baja eficacia de los ixodicidas que utilizan en el control químico de la garrapata. Se ha mencionado que el 80% de los problemas de resistencia a ixodicidas se debe al mal uso de los productos comerciales (SENASICA, 2020). Sin embargo, también hay otros factores asociados al manejo de animales y praderas podrían contribuir con el establecimiento de la resistencia en garrapatas. Por ello, es importante identificar las prácticas de manejo del ganado inadecuadas con el fin de emitir recomendaciones a los productores. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es conocer las prácticas de manejo en el ganado bovino que favorecen la resistencia de la garrapata *R. microplus* a ixodicidas en tres municipios de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca.

Palabras clave: garrapata *Rhipicephalus microplus*, resistencia, ixodicidas, factores de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en los municipios de Loma Bonita, Ojitlán y San Juan Bautista, Tuxtepec, todos ellos ubicados la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. El área es una de las ocho regiones en las que se ha dividido el estado y limita al norte con Veracruz y Puebla, al este con la región de La Cañada, al oeste con Veracruz y al sur con la región Sierra Norte. Tiene una superficie de 8,678 m^2 y está integrada por veinte municipios (INEGI, 2017).

El clima de la región varía entre cálido húmedo con lluvias todo el año, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y semicálido húmedo (García, 2004). La región presenta temperaturas que van de los 18 a los 50°C y lluvias que oscilan entre los 2,000 y 4,500 mm anuales.

Tipo de estudio

De acuerdo con su naturaleza, el estudio fue de tipo descriptivo y transversal, y consistirá en identificar las prácticas de manejo que contribuyen al establecimiento de la resistencia de la garrapata a ixodicida.

Determinación de las prácticas de manejo en el ganado bovino que favorecen la resistencia de la garrapata *R. microplus* a ixodicidas en tres municipios de la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca

Inicialmente, se contactó a las tres asociaciones ganaderas locales ubicadas en el territorio de la región Cuenca del Papaloapan (Ojitlán, Loma Bonita y San Juan Bautista Tuxtepec), con el fin de

informarles sobre la presente investigación y solicitarles su participación. Se aprovecharon las fechas en que normalmente sesionan para aplicar a los miembros de cada asociación ganadera local una encuesta semi-estructurada sobre las prácticas de manejo en el control de la garrapata; en total, se aplicaron 89 encuestas: 24 en Loma Bonita, 32 en Tuxtepec y 33 en Ojitlán. La encuesta permitió obtener información básica sobre el productor y la unidad productiva, tipo de ganado utilizado, potreros en los que se divide el terreno y manejo que se hace de los mismos, manejo general, actividades relacionadas con el control químico de la garrapata (principios activos que se utilizan, frecuencia de tratamientos a lo largo del año, concentración o dosis del producto, rotación de productos) y percepción de efectividad de los productos utilizados.

Análisis de datos

La información proveniente de las encuestas aplicadas a los productores, datos de manejo con respecto al control de la garrapata *R. microplus* fueron capturadas en una hoja del programa estadístico Excel (Microsoft). La información de las encuestas fue procesada mediante estadística descriptiva. El número de litros/ animal durante el baño de aspersión se comparó utilizando un análisis de varianza. Las diferencias entre medias se establecieron mediante la prueba de Tukey. Las proporciones entre poblaciones se compararon mediante la prueba de Chi cuadrada. Para todos los análisis estadísticos, se utilizó una significancia del 0.05.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se pueden observar algunas características del manejo del pastoreo y pastizales que podrían influir en el control químico y establecimiento de la resistencia en la garrapata.

Cuadro 1. Características de manejo del pastoreo y pastizales con influencia potencial en el control químico y establecimiento de la resistencia a ixodicidas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de tres municipios de la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca.

Características de manejo	Loma Bonita	Tuxtepec	Ojitlán
Superficie de pastizales (ha)	24.5b	37.1a	21.6b
Número de potreros	5.7b	9.6a	5.0b
Tipo de pastoreo (%)			
Continuo	33.3	24.2	28.1
Rotacional	66.7	75.8	71.8
Tipo de vegetación (%)			
Media	79.2	87.5	87.8
Baja	20.8	12.5	12.2

De los tres municipios incluidos en el estudio, las unidades de producción de Tuxtepec tuvieron una mayor superficie de pastizales y número de potreros. Asimismo, los tres municipios no mostraron diferencias con respecto a los tipos de pastoreo y vegetación.

La Figura 1 muestra algunos factores asociados al control químico de la garrapata *Rhipicephalus microplus* como los litros utilizados de mezcla garrapaticida por animal, el criterio para realizar los baños garrapaticidas, la procedencia y el uso del agua para la mezcla química y la prevalencia de la garrapata en los diferentes meses del año de acuerdo al criterio de los productores.

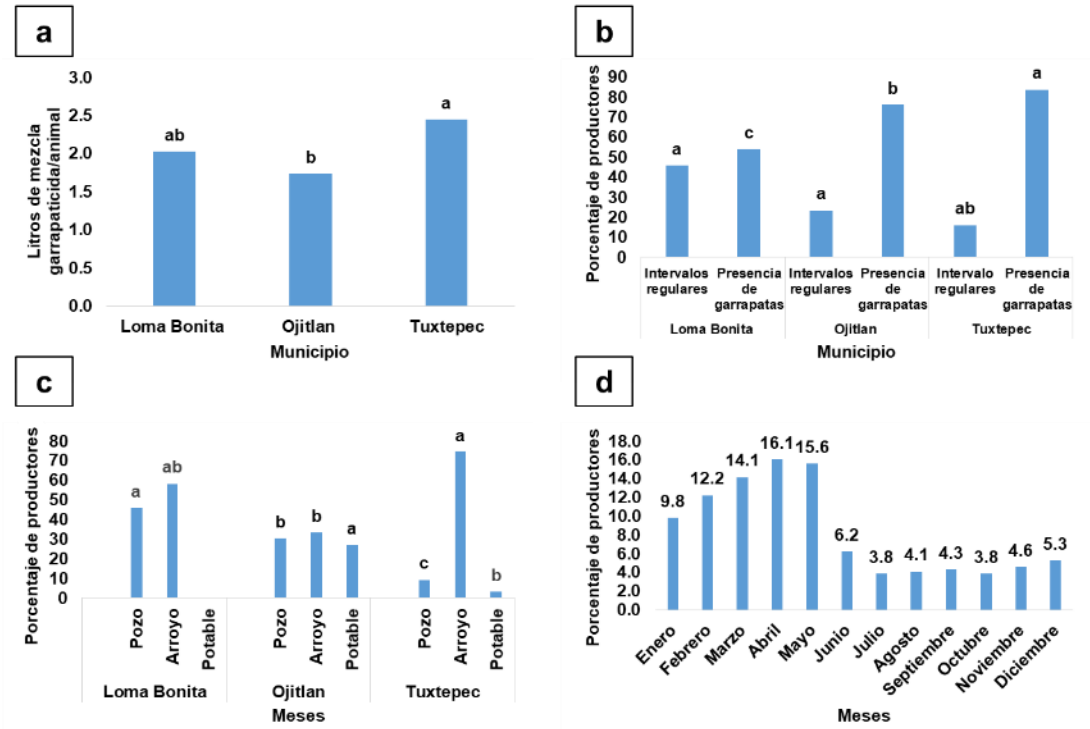


Figura 1. Factores asociados a la resistencia a ixodicidas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de tres municipios de la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. **a)** Promedio de mezcla garrapaticida aplicada durante el baño de aspersión, **b)** Criterio utilizado por el productor para realizar el baño garrapaticida, **c)** Origen del agua que se utiliza en la elaboración de la mezcla garrapaticida, **d)** Porcentaje de percepción sobre la presencia de la garrapata en los diferentes meses del año. Literales diferentes indican diferencia estadística significativa (P<0.05).

El promedio de litros utilizados por animal durante el baño garrapaticida mostró diferencias significativas (P<0.05) entre los municipios de Tuxtepec y Ojitlán. Asimismo, en los incisos b y c se observan diferencias variables en los criterios que los productores utilizan para realizar el baño garrapaticida y el origen del agua utilizada en la elaboración de la mezcla garrapaticida. Finalmente, en el inciso d se muestra la percepción que tienen los productores sobre la presencia de garrapatas en el ganado a lo largo del año.

En la Figura 2, se muestran otros factores de manejo del hato o bien, del control químico de la garrapata que contribuyen con la resistencia de la misma a los ixodicidas.

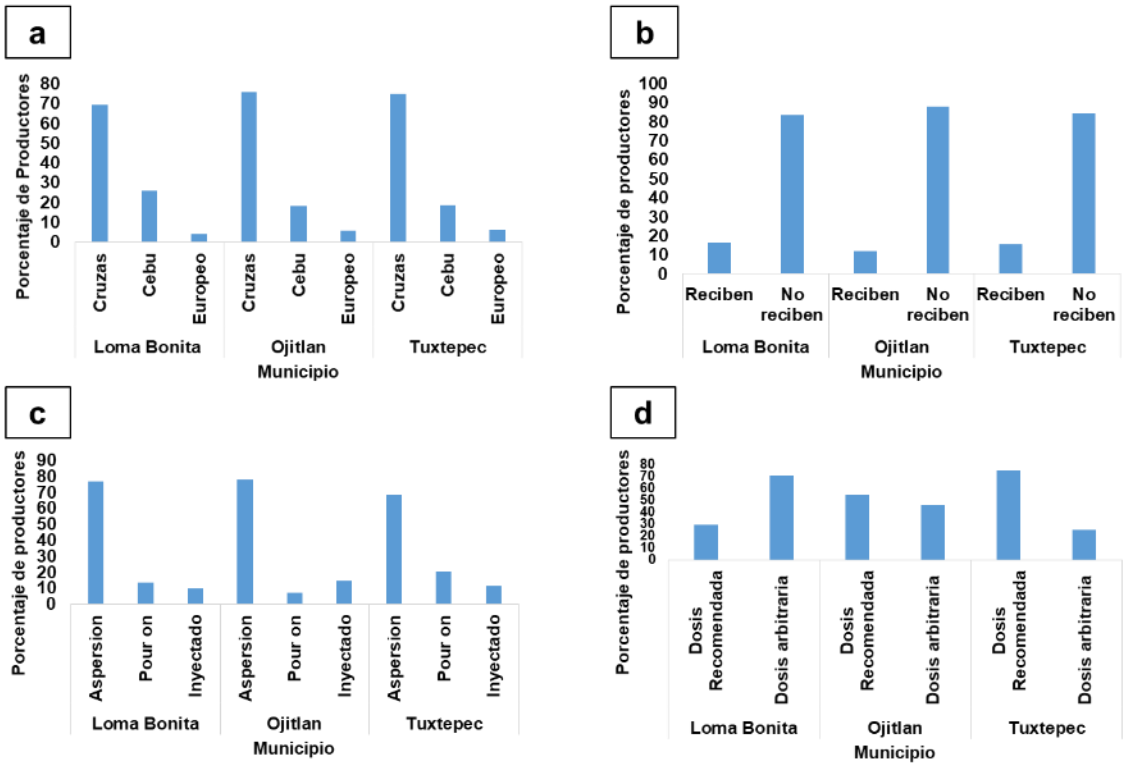


Figura 2. Factores asociados a la resistencia a ixodicidas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en unidades de producción bovina de tres municipios de la región Cuenca del Papaloapan, Oaxaca. a) Grupos raciales utilizados en las unidades de producción, b) Porcentaje de productores que reciben asesoría técnica para el control de la garrapata, c) Vías de administración de garrapaticidas utilizadas por los productores y, d) Porcentaje de productores que utilizan la dosis recomendada por el laboratorio para elaborar la mezcla garrapaticidas o una dosis arbitraria.

En todas las unidades de producción se observó una predominancia de las cruzas de ganado europeo con razas cebuínas. Predominantemente, los productores de los tres municipios no reciben asesoría técnica para realizar el control químico de la garrapata y administran el ixodicida mediante el baño de aspersión. En los diferentes municipios hay diferencias con respecto a la utilización de dosis recomendadas o dosis arbitrarias definidas por los productores.

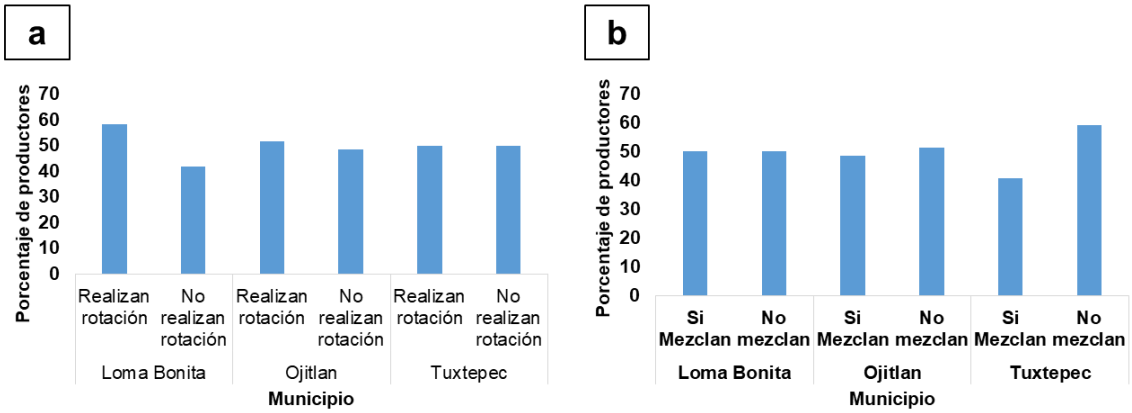


Figura 3. Características de manejo para el control químico contra la garrapata *Rhipicephalus microplus*, a) Porcentaje sobre el manejo de rotación de los garrapaticidas, b) Porcentaje en la mezcla de productos ixodicidas utilizados para el control químico por parte de los productores.

En la Figura 3, la rotación de productos garrapaticidas no es realizada por la mayoría de los productores en los diferentes municipios evidenciando unos de los problemas asociados a la resistencia, mientras que para la parte de mezcla de productos ixodicidas existe una igualdad en los tres municipios de los que realizan esta mala práctica de control químico.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con Rodríguez-Vivas *et al*., 2014, el sistema de rotación se basa en descansos obligados de las praderas con la finalidad de presionar a las garrapatas en su etapa de vida libre al impedir o retardar que como larvas activas encuentren a su hospedero para que mueran por hambre y deshidratación por lo tanto, las características de manejo asociadas a la resistencia de la garrapata *Rhipicephalus microplus*, la superficie disponible de pastoreo es importante en relación a la cantidad de potreros en los que este se divida, ya que un uso eficiente de los pastizales puede determinar la magnitud de la población de la garrapata, de igual forma el tipo de pastoreo es un factor determinante para la reproducción de la garrapata, de esta manera se puede incidir en su ciclo biológico haciendo buen uso del pastoreo rotacional, esperando disminuir la propagación de la misma.

De igual manera, Rodríguez-Vivas *et al.* 2005, menciona que la vegetación tiene un efecto directo en la sobrevivencia de las garrapatas repletas, huevos y larvas. Las praderas con alta vegetación y arbustos proporcionan a las garrapatas un hábitat ideal para su desarrollo. Sin embargo, la vegetación es otro componente importante que influye indirectamente para cumplir con las condiciones óptimas para su reproducción como la humedad y temperatura, lo cual, también estará en función de la altura del material vegetativo disponible en el potrero. Por lo tanto, se toman en cuenta todas estas características para un manejo eficiente del control de la garrapata.

Estos factores son determinantes al momento de realizar el control químico, lo cual radica en una eficiente aplicación del producto garrapaticida en función de la dosificación el tipo de agua utilizada, el intervalo de tiempo entre aplicaciones y abundancia de la garrapata de acuerdo a la época del año. Es por ello, que se muestran las diferencias entre los municipios de acuerdo a su criterio para poder determinar el manejo más frecuente para el control químico.

Se concluye que existen varios factores de manejo del ganado bovino que se realizan en los tres municipios que contribuyen al establecimiento de la resistencia de la garrapata *R. microplus* a los ixodicidas.

LITERATURA CITADA

Castro, C. J., Cruz, M. T., Castillo, F. D., Marroquín, T. & Martínez, C. U. (2022). Indicadores indirectos de bienestar bovino en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 33(1), e20218.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. Serie libro Núm. 6. 90 p.

Guerrero, F. D., Lovis, L., Martins, J. R. (2012). Mecanismos de resistencia a acaricidas en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária. (21):1-6.

INEGI (Instituto Nacional de Información Geográfica y Estadística. Anuario Estadístico y geográfico de Oaxaca). (2017). Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825084295

Jacho-Merino, M. G. (2015). Dinámica poblacional de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) Microplus* en ganado bovino lechero en el Cantón San Miguel de los Bancos. (Tesis de licenciatura). Universidad central de Ecuador.

Rodríguez-Vivas RI, Quiñones AF, Fragoso SH (2005) Epidemiología y control de la garrapata *Boophilus* en México. En: Enfermedades de importancia económica en producción animal. Rodríguez-Vivas, R.I. Editor. México D.F. McGraw-Hill-UADY. pp: 571-592.

Rodríguez-Vivas, R. I., Hodgkinson, J. E., Trees, A. J. (2012). Resistencia a los acaricidas en Rhipicephalus (Boophilus) microplus: situación actual y mecanismos de resistencia. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 3(1):9-24.

Rodríguez-Vivas, R. I., Rosado-Aguilar, J. A., Ojeda-Chi, M. M., Pérez-Cogollo, L. C., Trinidad-Martínez, I., & Bolio-González, M. E. (2014). Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, *1*(3), 295-308.

SENASICA, 2020. Resistencia a los garrapaticidas. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/manejo-de-garrapaticidas-y-su-resistencia

Taylor M. A., Coop R. L., Wall R. L. (2007). Veterinary Parasitology. Thrid edition. Oxford, U.K: Blankwell.

Yessinou, R. E., Akpo, Y., Adoligbe, C., Adinci, J., Assogba, M. N., Koutinhouin, B., Farougou, S. (2016). Resistance of tick *Rhipicephalus microplus* to acaricides and control strategies. Journal of Entomology and Zoology Studies, 4(6):408-414.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD NEMATICIDA DE FILTRADOS LÍQUIDOS DE ARTHROBOTRYS MUSIFORMIS CONTRA *HAEMONCHUS CONTORTUS*

Pérez A. G*., Mendoza de G. P., Gutiérrez M. E., López A. M. E. Colinas P. A.

Resumen

Las parasitosis ocasionadas por nematodos gastrointestinales (NGI) son un factor relevante en la producción ovina, siendo *Haemonchus contortus* el más importante debido a su alta prolificidad y hábitos hematófagos, lo que ocasiona problemas graves en la salud animal e inclusive la muerte en infestaciones graves. El control de estas parasitosis se ha llevado a cabo durante mucho tiempo mediante el uso de antihelmínticos químicos (AH), lo que ha traído ciertas desventajas como la aparición de resistencia antihelmíntica a distintos fármacos, lo que ha mermado la efectividad de este método. Debido a esta problemática, se han evaluado distintas alternativas de control de NGI; el uso de plantas y extractos de ellas, la utilización de agentes vacunales, la selección genética de animales resilientes, así como el manejo del pastoreo son algunas alternativas que han mostrado buenos resultados. En suma, el uso de hongos nematófagos (HN) como agentes de control biológico contra larvas infectantes de nematodos ha mostrado resultandos muy alentadores, logrando niveles superiores al 90% de depredación larvaria. Así mismo, algunos metabolitos liberados al medio por los HN con actividad nematicida ha sido estudiado con resultados alentadores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad nematicida de filtrados líquidos obtenidos a partir del cultivo de dos cepas de *Arthrobotrys musiformis* en Caldo Czapek Dox. Los hongos fueron aislados a partir de muestras de suelo de Cuautla (AmSC) y Tetela del Volcán (AmSTV), Morelos e identificados mediante claves taxonómicas especializadas. Los filtrados obtenidos del cultivo de los hongos fueron evaluados a las 48 h de confrontación en tres concentraciones diferentes (100, 50 y 25 mg/mL), contra larvas infectantes de *H. contortus* (L_3). Los resultados obtenidos de la evaluación mostraron un alto efecto nematicida de ambas cepas contra *H. contortus*, superando el 90 y 70% de mortalidad larvaria para AmSC y AmSTV, respectivamente. En conclusión, las cepas evaluadas mostraron un alto efecto larvicida, ocasionado por los compuestos liberados al medio durante su cultivo en un medio enriquecido, mostrando que el uso de metabolitos secundarios liberados por HN como *A. musiformis* representan una alternativa sustentable para mitigar las desventajas de los AH químicos.

Introducción

Las parasitosis gastrointestinales en los ovinos son afecciones causadas principalmente por helmintos que ocasionan mermas a la salud, inmunosupresión y en casos graves la muerte del animal (Zajac and Garza, 2020). Los principales efectos de parásitos hematófagos como *Haemonchus contortus* son causados mayormente por la pérdida de sangre incluyendo, debilidad, hipocupremia e hipoferremia pudiendo ser tan severos que llegan a ocasionar la muerte de los animales con infestaciones graves o en animales jóvenes (Besier et al., 2016; Jayalakshmi et al., 2020). *Haemonchus contortus* es el nematodo más importante en los pequeños rumiantes debido a su patogenicidad; siendo además un nematodo muy prolífico, una hembra puede liberar cientos de huevos cada día provocando que los prados se infesten rápidamente (Zajac, 2006). *H. contortus* es un parásito hematófago, factor que, aunado al rápido incremento de su población, ocasiona severos daños en la salud animal, como hemorragias gastrointestinales y anemia (Besier et al., 2016). En infestaciones graves o animales inmunosuprimidos, la muerte llega a ocurrir (Zajac, 2006).

El control de las parasitosis internas en rumiantes, mayormente y durante muchas décadas, se ha basado en el uso de antihelmínticos químicos que inhiben alguna o varias fases de los parásitos

* Gustavo Pérez Anzúrez. Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Av. Universidad #3000, Colonia, C.U., 04510, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Jiutepec - Yautepec de Zaragoza 55, Col. Progreso, 62574, Jiutepec, Morelos. tavopzaz@gmail.com. 5529814949.

(Enejoh and Suleiman, 2017); sin embargo, la aparición de resistencia antihelmíntica ha cobrado relevancia desde hace algunas décadas y actualmente es un problema preocupante que afecta a varias especies animales (Hinney et al., 2019; Haftu et al., 2020; McIntyre, 2020). Por otra parte, la inmunidad natural que normalmente se genera en contra de los parásitos se ve severamente disminuida por mecanismos de los propios parásitos y sumado al efecto residual de los productos sobre el medio ambiente (Ketzis et al., 2006) ha desencadenado la búsqueda de alternativas que disminuyan el uso de antihelmínticos sintéticos (Burke and Miller, 2020).

Dentro de las estrategias alternativas de control que han sido exploradas, se ha logrado identificar metabolitos secundarios producidos por algunas plantas, que han mostrado un importante efecto antiparasitario (Alowanou et al., 2019; Zarza-Albarrán et al., 2020). Así mismo, el uso de taninos ha mostrado efectividad en el control de parásitos internos (Karonen et al., 2020; Minatchy et al., 2020); de manera similar compuestos obtenidos de plantas han sido evaluados como potenciales antihelmínticos, la Isorhamnetina demostró en estudios recientes una alta actividad nematicida contra *H. contortus* (Delgado-Núñez et al., 2020).

Sumado a lo anterior, el manejo del pastoreo ha sido explorado con resultados favorables. Este método se basa en la limitación del contacto entre el hospedero y el huésped (Prasad et al., 2019). Asimismo, se ha desencadenado una intensa búsqueda de agentes inmunizantes que permitan inducir a una respuesta inmunoprotectora de los animales ante las infecciones por el nematodo más patógeno en pequeños rumiantes, *H. contortus*. Algunos estudios, han mostrado resultados alentadores mediante el uso de tecnologías recombinantes que prometen obtener en breve una vacuna que disminuya de manera importante estas parasitosis (Yang et al., 2020; Tian et al., 2020), así como del uso de péptidos tipo serín-proteasas derivados de la proteína de 15 kDa con un dominio S28 (Camas-Pereyra et al., 2023). Igualmente, la selección genética de animales resilientes ante ciertas parasitosis resulta efectivo en la prevención y control de estas (Hamie et al., 2019; Haehling et al., 2020).

Además, el control biológico por medio de HN es un método que ha mostrado ser eficaz contra varias especies parasitas de plantas (Dwi et al., 2017; Monteiro et al., 2020) y animales (Wang et al., 2016; Canhão-Dias et al., 2020). Los HN son organismos cosmopolitas que habitan el suelo, raíces y heces de animales, que tienen varios mecanismos para atrapar y matar nematodos que afectan a plantas y animales. Los HN se clasifican de acuerdo con su modo de acción en (Yang and Zhang, 2014): hongos depredadores o formadores de trampas, como *Duddingtonia flagrans* (Mendoza-de Gives et al., 2018); hongos endoparásitos como *Drechmeria coniospora* (Lebrigand et al., 2016); así como hongos que parasitan hembras adultas de nematodos patógenos de plantas y huevos, como *Pochonia chlamydosporia*, (Mendoza de Gives and Braga, 2018); y por último hongos macromicetos productores de toxinas, como *Pleurotus djamor* (Pineda-Alegría et al., 2017).

Sin embargo, sumado a los mecanismos que usan los HN para atrapar nematodos, se han encontrado algunos metabolitos secundarios liberados al medio que tienen capacidad de destruir huevos o larvas de nematodos (Hofstätter et al., 2017). El oligosporol A y oligosporol B han sido encontrados en filtrados de cultivos de algunos hongos del género *Arthrobotrys* (Anderson et al., 1995; Degenkolb and Vilcinskas, 2016). Por su parte, los flagranones son sustancias producidas por *D. flagrans* con actividad antimicrobiana y nematicida (Anderson et al., 1999; Mei et al., 2021); igualmente, extractos de este hongo han mostrado un efecto antiviral (Ibragimova et al., 2015). Además, se han desarrollado varios trabajos en la búsqueda de compuestos producidos por HN con actividad benéfica para el hombre (Khambay et al., 2000; Heberlig et al., 2014).

Materiales y Métodos

Obtención de larvas de *Panagrellus redivivus*

Las larvas de *P. redivivus* fueron obtenidas mediante su cultivo empleando avena en hojuelas, cocida con agua destilada; la avena cocida fue inoculada con larvas previamente lavadas y mantenida a temperatura ambiente (25-30 °C) para permitir la reproducción de *P. redivivus.* Una muestra del cultivo fue lavada, haciéndola pasar a través de tamices de 500, 125 y 74 µm de diámetro de poro,

y finalmente las larvas fueron obtenidas limpias mediante una migración en el embudo de Baermann utilizando un papel de cafetera para eliminar los detritus.

Obtención de larvas infectantes de *H. contortus*

La obtención de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* (L_3) se realizó a partir de muestras de heces de corderos infectados y mantenidos en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Los animales fueron monitoreados mediante la técnica de McMaster antes y después de la infección. Las muestras de heces fueron colectadas directamente del recto del animal y procesadas empleando la técnica de coprocultivo con hule espuma, permitiendo el desarrollo de huevo y la eclosión hasta larvas L_3 en un periodo de siete días. Posteriormente, las L_3 fueron concentradas usando la técnica de migración larvaria por el método del embudo de Baermann y después fueron almacenadas en cajas de cultivo a 4 °C hasta su uso.

Aislamiento e identificación de los hongos nematófagos

Las cepas aisladas fueron obtenidas de muestras de suelo tomadas en Cuautla y Tetela del Volcán, Morelos. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Helmintología del CENID-SAI, INIFAP. Para el aislamiento se empleó la técnica de espolvoreado en placa, sembrando la tierra en placas Petri estériles con agar agua, adicionando una cantidad indeterminada de larvas de *P. redivivus* en una solución acuosa para estimular la formación de estructuras que permitieran observar a los HN presentes en dicho suelo. Una vez observadas las estructuras características como conidios y conidióforos, así como la formación de trampas, fueron realizados pases monoconidiales a placas Petri estériles, repitiendo el proceso hasta obtener las cepas en cultivo puro. Las cepas aisladas fueron identificadas mediante la observación y medición de estructuras características (conidios, conidióforos, presencia de septos y clamidoconidios, tipo de órganos de captura) para posteriormente comparar los datos utilizando claves especializadas de identificación taxonómica (van Oorschot et al., 1985; Zhang et al., 2022).

Evaluación de la actividad nematicida de los filtrados líquidos de HN

Los filtrados líquidos (FL) de los hongos aislados fueron obtenidos mediante el cultivo de las cepas en el medio líquido Czapek Dox, para lo cual fue preparado y distribuido en matraces de 250 mL con 50 mL de medio. Los matraces fueron inoculados con tres cuadritos del cultivo en agar papa y dextrosa de las cepas puras e incubados a temperatura de laboratorio (25-30 °C) durante 21 días. Posteriormente, los cultivos fueron filtrados, separando inicialmente la fase líquida del micelio, empleando un filtro para cafetera. La fase líquida fue pasada a través de un filtro Whatman #4 y posteriormente por un filtro de 2, para finalmente ser filtrado usando dos filtros tipo pirinola de 1 y 0.22 µm. Los filtrados obtenidos fueron concentrados usando un rotaevaporador, congelados a -20 °C y finalmente secados totalmente por liofilización.

Los filtrados liofilizados fueron utilizados para evaluar la actividad nematicida contra L3 de H. contortus, siendo disueltos en PBS (pH 7.2) para su uso. Las pruebas fueron realizadas en placas de microtitulación de 96 pozos, colocando en cada pozo 50 µL del filtrado en PBS y 50 µL de PBS conteniendo aproximadamente 100 L_3. Los tratamientos evaluados fueron, cada cepa en tres concentraciones diferentes (100, 50 y 25 mg/mL); además del medio liquido sin ningún hongo cultivado en él y PBS como grupos controles (n=4). Los resultados de la mortalidad se obtuvieron a las 48 h postconfrontación, observando las larvas presentes en el total del volumen y cuantificando las larvas vivas y muertas, empleando como criterio la motilidad de las mismas, estimulándolas con luz amarilla y de ser necesario con un estilete metálico. Las larvas que permanecían inmóviles luego del estímulo fueron consideradas muertas. El porcentaje de mortalidad fue calculado a partir del número de larvas contadas y utilizado para realizar un análisis de las diferencias entre los grupos.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la prueba de la evaluación de la actividad nematicida de los FL fueron utilizados para realizar un análisis de varianza (α=0.05), comparando la mortalidad larvaria

causada por cada cepa en cada concentración, para posteriormente realizar una comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey (α=0.05).

Resultados

Aislamiento e identificación de hongos nematófagos

Las muestras de suelo sembradas en placas Petri mostraron la presencia de ciertas estructuras como conidios y conidióforos, características de HN atrapadores; los conidios encontrados mostraban forma elipsoidal a obovoidal, midiendo 31.13 y 36.16 µm para cada una de las cepas AmSTV y AmSC, respectivamente, así como la formación de candelabros en ambos aislados. La medición y observación de estructuras, además de la revisión de las claves taxonómicas permitió identificar a ambas cepas como pertenecientes a la especie *A. musiformis,* esto a pesar de provenir de muestras de suelo de lugares diferentes. Las claves AmSC y AmSTV fueron asignadas a las cepas aisladas provenientes del suelo de Cuautla y Tetela del Volcán, respectivamente. A continuación, se muestran algunas fotografías de las conidios y conidióforos de las cepas aisladas. En la Figura *1* se puede observar que las trampas encontradas en ambas cepas son las mismas, y que los conidios y conidióforos son muy similares en su forma. Los clamidoconidios fueron encontrados en AmSC pero no se observaron en AmSTV, a pesar de cultivarse en el mismo medio durante el mismo tiempo.

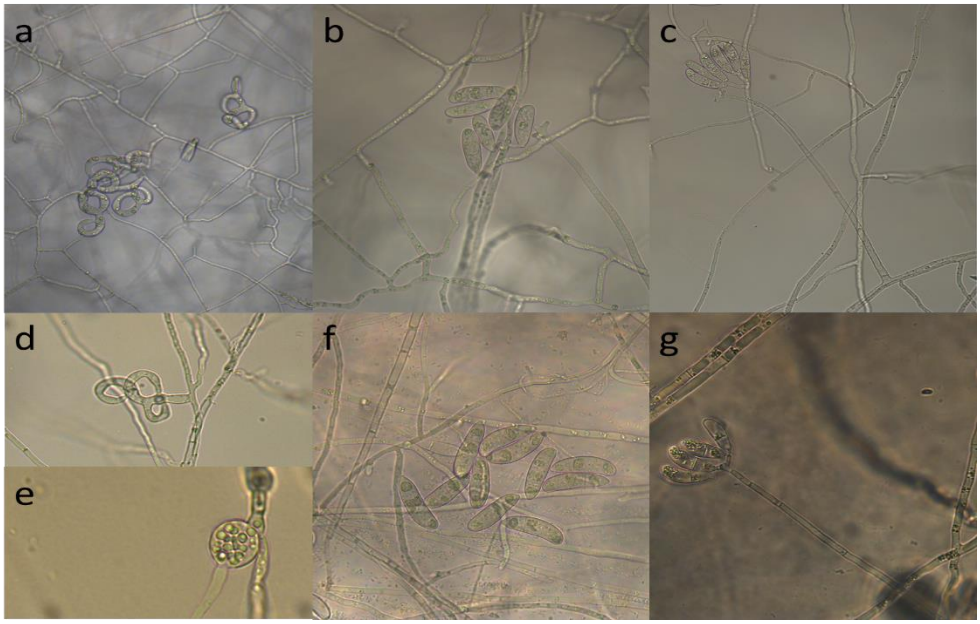


Figura 1. Fotografías tomadas en el microscopio óptico. a) redes tridimensionales, b) conidios y c) conidióforos, encontrados en el aislado de *A. musiformis* de Tetela del Volcán; d) redes tridimensionales, e) clamidoconidio, f) conidios y g) conidióforo, observados en la cepa *A. musiformis* de Cuautla.

Evaluación de la actividad nematicida de los FL

Los resultados de la prueba de la actividad nematicida de los FL se muestran en la Tabla *1***,** donde se puede observar que ambas cepas aisladas mostraron una alta actividad nematicida contra las larvas infectantes de *H. contortus*; la cepa AmSC obtuvo mayor mortalidad que AmSTV, alcanzando valores mayores al 90%, mientras que la AmSTV apenas superó el 70%; no obstante, ambos valores obtenidos con las dos cepas son muy prometedores. Es importante mencionar que la cepa AmSC incluso en la concentración de 50 mg/mL alcanzó un porcentaje de mortalidad mayor que la AmSTV en la concentración más alta.

Tabla 1. Mortalidad larvaria de *H. contortus* obtenida en tres concentraciones diferentes de los filtrados líquidos de dos cepas de *A. musiformis* en Caldo Czapek Dox

Cepa	100 mg/ml		50 mg/ml		25 mg/ml	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
***A. musiformis* (AmSC)**	94.61[a]	9.59	76.29[a]	15.45	51.92[a]	19.30
***A. musiformis* (AmSTV)**	73.21[b]	5.91	59.92[a]	0.26	40.82[a]	2.74

[a] Letras diferentes dentro de la misma columna muestran diferencias entre las medias de mortalidad dentro de la misma concentración.

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en la identificación de los hongos, evidencian que pueden existir ciertas diferencias en los aislados de una misma especie, puesto que, las condiciones ambientales son diferentes y esto se nota en el fenotipo encontrado para las especies aisladas; no obstante, las principales características que determinan la especie, se mantienen entre los dos aislados, permitiendo definir a la especie como *A. musiformis.* Existen algunas cepas que tienen características similares en cuanto a la morfología de los conidios, como *A. javanica*, no obstante, este último muestra conidios de menor tamaño (27.9 x 8.8 µm), rectos, ovoboidales a elipsoidales (Van Oorschot, 1985; Zhang et al., 2022). En suma, una especie recientemente descrita por Zhang y colaboradores (2022), nombrada *A. eryuanensis* muestra mucha similitud en cuanto al tamaño y forma de los conidios con las especies encontradas en el presente; sin embargo, *A. eryuanensis* presenta macro y microconidios, mientras que nuestras cepas solo tienen macroconidios.

La búsqueda de alternativas al uso de AH químicos se ha visto acelerada en los últimos años debido a las desventajas cada vez más presentes, como el caso de la resistencia antihelmíntica a distintas familias de antiparasitarios (Gainiza et al., 2021; Batista et al., 2023). Distintas especies de HN han sido evaluados contra diferentes especies de nematodos y parásitos de otras familias (Ángeles-Hernández et al., 2021; Rodrigues et al., 2020); no obstante, dichos trabajos se han centrado mayormente en el uso de los HN como atrapadores de nematodos y con actividad ovicida. Algunos hongos, además han mostrado actividad nematicida atribuida a los metabolitos liberados al medio (Wan et al., 2021; Dai et al., 2022). Los resultados de mortalidad larvaria encontrados en el presente estudio, permiten observar que existen algunos metabolitos causantes de la actividad biológica, Wan y colaboradores, encontraron una actividad nematicida de 99.1% con un extracto con solventes a una concentración de 5 mg/mL; no obstante, el hongo empleado fue *Drechmeria coniospora*, el cual es un HN endoparásito, sumado a que realizaron un macerado químico, permitiendo obtener una mayor cantidad de metabolitos presentes en el micelio. Por lo tanto, los resultados mostrados en este trabajo son de suma importancia, puesto que se trabajó con los metabolitos que fueron liberados al medio únicamente, permitiendo tener una producción continua de ellos.

En conclusión, los metabolitos secundarios liberados al medio por las cepas aisladas mostraron un alto efecto nematicida contra larvas infectantes de *H. contortus*, por lo cual resulta interesante realizar más pruebas, evaluando un mayor número de medios líquidos, además de evaluar la actividad nematicida atribuida a los extractos obtenidos a partir del micelio de los hongos, donde es probable encontrar una mayor cantidad de metabolitos y alcanzar niveles más altos de mortalidad larvaria.

Literatura citada

Alowanou, G. G., Olounladé, P. A., Akouèdegni, G. C., Faihun, A. M. L., Koudandé, D. O., & Hounzangbé-Adoté, S. (2019). In vitro anthelmintic effects of *Bridelia ferruginea*, *Combretum glutinosum*, and *Mitragyna inermis* leaf extracts on *Haemonchus contortus*, an abomasal nematode of small ruminants. *Parasitology research*, 118, 1215-1223.

Anderson, M. G., Jarman, T. B., & Rickards, R. W. (1995). Structures and absolute configurations of antibiotics of the oligosporon group from the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. *The Journal of antibiotics*, 48(5), 391-398.

Anderson, M. G., Rickards, R. W., & Lacey, E. (1999). Structures of flagranones A, B and C, cyclohexenoxide antibiotics from the nematode-trapping fungus *Duddingtonia flagrans*. *The Journal of antibiotics*, 52(11), 1023-1028.

Ángeles-Hernández, S., Torres-Hernández, G., Alonso-Díaz, M. A., von Son-de Fernex, E., Aguilar-Marcelino, L., González-Garduño, R., & Mendoza-de-Gives, P. (2021). Effect of an *Arthrobotrys musiformis* (Fungi: Orbiliales) culture filtrate on the population of gastrointestinal parasitic nematode eggs in faeces of grazing lambs. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 24, 100565.

Batista, L. F., dos Santos Oliveira, L. L., e Silva, F. V., dos Santos Lima, W., de Jesus Pereira, C. A., Rocha, R. H. F., & Alves, C. A. (2023). Anthelmintic resistance in sheep in the semiarid region of Minas Gerais, Brazil. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 37, 100821.

Besier, R. B., Kahn, L. P., Sargison, N. D., & Van Wyk, J. A. (2016). The Pathophysiology, Ecology and Epidemiology of *Haemonchus contortus* Infection in Small Ruminants. *Advances in Parasitology*, 93, 95–143. doi:10.1016/bs.apar.2016.02.022

Burke, J. M., & Miller, J. E. (2020). Sustainable Approaches to Parasite Control in Ruminant Livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36(1), 89–107. doi:10.1016/j.cvfa.2019.11.007

Camas-Pereyra, R., Bautista-García, G. A., Avila, G., Alcala-Canto, Y., Maza-Lopez, J., Reyes-Guerrero, D. E., & López-Arellano, M. E. (2023). *In silico* analysis of two *Haemonchus* spp. serine protease peptides (S28) and their immunomodulatory activity *in vitro*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 111545.

Canhão-Dias, M., Paz-Silva, A., & Madeira de Carvalho, L. M. (2020). The efficacy of predatory fungi on the control of gastrointestinal parasites in domestic and wild animals – a systematic review. *Veterinary Parasitology*, 109173. doi:10.1016/j.vetpar.2020.109173

Dai, Z., Gan, Y., Zhao, P., & Li, G. (2022). Secondary Metabolites from the Endoparasitic Nematophagous Fungus *Harposporium anguillulae* YMF 1.01751. *Microorganisms*, 10(8), 1553.

Degenkolb, T., & Vilcinskas, A. (2016). Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(9), 3799-3812.

Delgado-Núñez, E. J., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., Olmedo-Juárez, A., Cardoso-Taketa, A., Sánchez-Mendoza, E., ... & Mendoza-de Gives, P. (2020). Isorhamnetin: A Nematocidal Flavonoid from *Prosopis Laevigata* Leaves Against *Haemonchus contortus* Eggs and Larvae. *Biomolecules*, 10(5), 773.

Dwi, L, Hastuti, S., Faull, J. (2017) An investigation on sumateran *Arthrobotrys oligospora* and carbofuran againts root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) on tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) *International Journal of Scientific & Technology Research*, 7 (1). http://www.ijstr.org/paper-references.php?ref=IJSTR-1217-18361

Enejoh OS, Suleiman MM (2017). Anthelmintics and their Application in Veterinary Medicine. *Research in Medical and Engineering Sciences*, 2(3). DOI: 10.31031/RMES.2017.02.000536

Gainza, Y. A., Santos, I. B. D., Figueiredo, A., Santos, L. A. L. D., Esteves, S. N., Barioni-Junior, W., & Chagas, A. C. D. S. (2021). Anthelmintic resistance of *Haemonchus contortus* from sheep flocks in Brazil: concordance of *in vivo* and *in vitro* (RESISTA-Test©) methods. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 30.

Haehling MB, Cruvinel GG, Toscano JHB, Giraldelo LA, Santos IB, Esteves SN, Benavides MV, Barioni J´ unior W, Niciura SCM, Chagas ACS, (2020). Four single nucleotide polymorphisms

(SNPs) are associated with resistance and resilience to *Haemonchus contortus* in Brazilian Morada Nova. *Veterinary Parasitology*. doi: https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109053

Haftu, M. G., Meresa, D., Kebede, E., & Hadush, B. (2020). Review on anthelmintic resistances and its detection method on gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 5(2), 30-36.

Hamie, J. C., McAnulty, R. W., Logan, C. M., Lundberg, S., & Greer, A. W. (2019). Comparison of the timing of development of immunity in Romney lambs from resistant and resilient selection lines. *Veterinary parasitology*, 270, 49-55.

Heberlig, G. W., Wirz, M., Wang, M., & Boddy, C. N. (2014). Resorcylic acid lactone biosynthesis relies on a stereotolerant macrocyclizing thioesterase. *Organic letters*, 16(22), 5858-5861.

Hinney, B., Schoiswohl, J., Melville, L., Ameen, V. J., Wille-Piazzai, W., Bauer, K., ... & Krametter-Frötscher, R. (2020). High frequency of benzimidazole resistance alleles in trichostrongyloids from Austrian sheep flocks in an alpine transhumance management system. *BMC veterinary research*, 16, 1-9.

Hofstätter, B. D. M., da Silva Fonseca, A. O., de Souza Maia Filho, F., de Souza Silveira, J., Persici, B. M., Pötter, L., Silveira, A., Antoniolli, Z. I., & Pereira, D. I. B. (2017). Effect of *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma virens* fungal extracts on the hatchability of *Ancylostoma eggs*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 34(1), 28-31.

Ibragimova, Z. B., Anan'ko, G. G., Kostina, N. E., Teplyakova, T. V., & Mazurkova, N. A. (2015). Toxicity and antiviral activity of the extracts of submerged mycelium of nematophagous *Duddingtonia flagrans* fungus in Vero cell culture. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 160(2), 246-248.

Jayalakshmi, K., Veeraselvam, M., Venkatesan, M., Vijayasarathi, M. K., Sriharsha, G. V., & Premalatha, N. (2020). Haemonchosis with Hypocupremia and Hypoferremia in Sheep. *Journal of Entomology and Zoological Studies*, 8(2), 1150-1152.

Karonen, M., Ahern, JR, Legroux, L., Suvanto, J., Engström, MT, Inkkonen, J., Salminen, J-P. and Hoste, H. (2020) Ellagitannins inhibit the exsheathment of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* Larvae: The Efficiency Increases Together with the Molecular Size. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 68, 4176−4186

Ketzis, J. K., Vercruysse, J., Stromberg, B. E., Larsen, M., Athanasiadou, S., & Houdijk, J. G. (2006). Evaluation of efficacy expectations for novel and non-chemical helminth control strategies in ruminants. *Veterinary Parasitology*, 139(4), 321-335.

Khambay, B. P. S., Bourne, J. M., Cameron, S., Kerry, B. R., & Zaki, M. J. (2000). A nematicidal metabolite from *Verticillium chlamydosporium*. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 56(12), 1098-1099.

Lebrigand, K., He, L. D., Thakur, N., Arguel, M. J., Polanowska, J., Henrissat, B., ... & Barbry, P. (2016). Comparative genomic analysis of *Drechmeria coniospora* reveals core and specific genetic requirements for fungal endoparasitism of nematodes. *PLOS Genetics*, 12(5), e1006017.

McIntyre, Jennifer Ruth (2020) Genetic markers of anthelmintic resistance in gastrointestinal parasites of ruminants. PhD thesis. University of Glasgow. http://theses.gla.ac.uk/79021/1/2020McIntyreJenPhD.pdf

Mei, X., Wang, X., & Li, G. (2021). Pathogenicity and Volatile Nematicidal Metabolites from *Duddingtonia flagrans* against Meloidogyne incognita. Microorganisms, 9(11), 2268.

Mendoza de Gives P., Braga F.R. (2018) *Pochonia chlamydosporia*: A Promising Biotechnological Tool Against Parasitic Nematodes and Geohelminths. In: Manzanilla-López R., Lopez-Llorca L. (eds) Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health. Sustainability in Plant and Crop Protection. (pp. 371-383). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-59224-4_17

Mendoza-de Gives, P., López-Arellano, M. E., Aguilar-Marcelino, L., Olazarán-Jenkins, S., Reyes-Guerrero, D., Ramírez-Várgas, G., & Vega-Murillo, V. E. (2018). The nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* reduces the gastrointestinal parasitic nematode larvae population in faeces of orally treated calves maintained under tropical conditions—Dose/response assessment. *Veterinary Parasitology*, 263, 66-72.

Minatchy, N., Marie-Magdeleine, C., Garin, N., Nimirf, F., Romil- Granville, D. Philibert, L., Calif, V., Bambou, J-C and Archimède, H. (2020) Nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan* and a foliage blend in goat kids infected with *Haemonchus contortus*. *Scientific Reports*, 10, 9969 https://doi.org/10.1038/s41598-020-66870-5

Monteiro, TSA, Balbino, HM, de Mello INK, Coutinho, RR, de Araújo, JV and Freitas, LG (2020) *Duddingtonia flagrans* preying a plant parasitic nematode. *Brazilian Journal of Biology*, 80(1), 197-198

Pineda-Alegría, J. A., Sánchez-Vázquez, J. E., González-Cortazar, M., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E., Cuevas-Padilla, E. J., Mendoza-de Gives, P., & Aguilar-Marcelino, L. (2017). The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food,* 20(12), 1184-1192.

Prasad, M. R., Sundaram, S. M., Gnanaraj, P. T., Bandeswaran, C., Harikrishnan, T. J., Sivakumar, T., & Azhahiannambi, P. (2019). Influence of intensive rearing, continuous and rotational grazing systems of management on parasitic load of lambs. *Veterinary World*, 12(8), 1188.

Rodrigues, J. A., Alvares, F. B. V., Silva, J. T., Ferreira, L. C., Lopes da Costa, P. W., Sarmento, W. F., ... & Longo Ribeiro Vilela, V. (2020). Predatory effects of the fungus *Arthrobotrys cladodes* on sheep gastrointestinal nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 30(8), 830-839.

Tian, X., Lu, M., Jia, C., Bu, Y., Aimulajiang, K., Zhang, Y., Li, X. (2020). *Haemonchus contortus* transthyretin domain - containing protein (HcTTR): a promising vaccine candidate against *Haemonchus contortus* infection. *Veterinary Parasitology*, 279, 109045. doi:10.1016/j.vetpar.2020.109045

Van Oorschot, C. (1985). Taxonomy of the Dactylaria complex V. A review of *Arthrobotrys* and allied genera. Studies in Mycology, 26, 61-96.

Wan, J., Dai, Z., Zhang, K., Li, G., & Zhao, P. (2021). Pathogenicity and metabolites of endoparasitic nematophagous fungus *Drechmeria coniospora* YMF1. 01759 against nematodes. *Microorganisms*, 9(8), 1735.

Wang, B.-B., Wang, F.-H., Xu, Q., Wang, K.-Y., Xue, Y.-J., Ren, R., Cao, X. (2016). *In vitro* and *in vivo* studies of the native isolates of nematophagous fungi from China against the larvae of *trichostrongylides*. *Journal of Basic Microbiology*, 57(3), 265–275. doi:10.1002/jobm.201600620

Yang, Y, Zhang, G, Wu, J, Chen X, Tong, D, Yang, Y, Shi, H, Yao C, Zhuang L, Wang, J, Du, A. (2020). Recombinant HcGAPDH protein expressed on probiotic *Bacillus subtilis* spores protects sheep from *Haemonchus contortus* infection by inducing both humoral and cellmediated responses. *mSystems*, 5(3), 1-18. https://doi.org/10.1128/mSystems.00239-20.

Zajac, A. M. (2006). Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 22(3), 529-541.

Zajac, A. M., & Garza, J. (2020). Biology, Epidemiology, and Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 36(1), 73-87.

Zarza-Albarrán, M. A., Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Mendoza-de Gives, P., González-Cortazar, M., Tapia-Maruri, D., Mondragon-Ancelmo, J., García-Hernández, C., Ble-González, E. A., & Zamilpa, A. (2020). Galloyl flavonoids from *Acacia farnesiana* pods possess potent anthelmintic activity against *Haemonchus contortus* eggs and infective larvae. *Journal of Ethnopharmacology*, 249, 112402.

Zhang, F., Boonmee, S., Bhat, J. D., Xiao, W., & Yang, X. Y. (2022). New *Arthrobotrys* nematode-trapping species (Orbiliaceae) from terrestrial soils and freshwater sediments in China. *Journal of Fungi*, 8(7), 671.

AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y ACTIVIDAD DEPREDADORA DE DOS HONGOS NEMATÓFAGOS CONTRA HAEMONCHUS CONTORTUS (L3)

*Colinas, P.A., Mendoza, de G.P., Pérez, A.G. y Gutiérrez, M.E.

Resumen

Los hongos nematófagos son antagonistas de los nematodos que habitan en los suelos; siendo organismos saprobios facultativos que se alimentan, como otros hongos, de materia orgánica presente en el suelo y que ante la presencia de nematodos pueden adaptarse para depredarlos con diferentes mecanismos tanto químicos como físicos, desarrollando por medio de morfogénesis estructuras especializadas para atrapar a las larvas y posteriormente utilizarlas como fuente de nutrientes. Algunos hongos del género *Arthrobotrys* como *A. oligospora* y *A. musiformis* que generan redes tridimensionales, son un claro ejemplo de este grupo. Por otro lado, *Haemonchus contortus* resulta de gran importancia para la producción en pequeños rumiantes, el cual es un parasito hematófago que ocasiona grandes pérdidas económicas. El objetivo de este trabajo fue aislar, identificar y evaluar la capacidad depredadora *in vitro* de dos cepas de HN aislados a partir de suelo de Cuernavaca, Morelos., contra larvas infectantes de *H. contortus* (L_3). La confrontación Hongo-H. contortus se llevó a cabo en placas Petri de 60 mm; las cepas fueron cultivadas en 10 cajas Petri caja una durante 10 d, teniendo 10 cajas Petri sin cultivo de hongo que fungieron como grupo control, posteriormente fueron añadidas 200 L_3 en cada placa. El total de las larvas no depredadas en cada grupo experimental fueron recuperadas por el método del embudo de Baermann; las larvas recuperadas se concentraron en 1 ml y fueron contadas las larvas en 2 líneas de 50 µl. El promedio de larvas recuperadas en el grupo control fue utilizado para estimar el porcentaje de reducción larvaria de cada uno de los grupos tratados empleando la fórmula de ABBOTT. Los resultados corregidos de la reducción larvaria para cada HN fueron de 45.14% para *A. oligospora* de y de 70.95% para *A. musiformis*. En conclusión, los HN evaluados demostraron una buena actividad depredadora, siendo mayor la encontrada en *A. musiformis*, lo que postula a esta cepa como candidata a nuevas evaluaciones en la búsqueda de alternativas de control parasitario contra *H. contortus* e inclusive contra otras especies de nematodos patógenos.

Introducción

Las enfermedades de origen parasitario son de gran importancia en el sector pecuario debido a las mermas que ocasionan a la salud y al rendimiento de los animales (Strydom et al., 2023). Las parasitosis internas que afectan especialmente el tracto gastrointestinal son provocadas sobre todo por helmintos, los cuales se clasifican en trematodos, cestodos y nematodos (BCRC, 2022), además de algunos protozoarios como coccidias (Pié-Orpí, 2020). Los nematodos gastrointestinales afectan distintos tramos o compartimientos del tracto gastrointestinal en las distintas especies que atacan, además de que las afecciones que provocan van desde gastritis, anorexia, anemia, entre otros hasta a llegar a ocasionar la muerte del animal (Reyes-Guerrero et al., 2021), siendo una gran fuente de pérdidas económicas en producción animal (Mekonnen, 2021). Las parasitosis gastrointestinales suelen encontrarse como infecciones mixtas con varios géneros y especies que afectan simultáneamente a los animales (Angeloni et al., 2018). Los géneros de nematodos gastrointestinales más frecuentes son: *Ostertagia*, *Oesphagostomum*, *Cooperia*, *Trichostrongylus* y *Haemonchus*. (Khan et al., 2023), siendo el más importante en pequeños rumiantes *Haemonchus contortus* (Mussa et al., 2023).

El método de control más común de nematodosis gastrointestinales se basa en el uso de medicamentos antiparasitarios sintéticos; sin embargo, su uso tiene varias desventajas, siendo la

* *Antonio Colinas Picazo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Mesoamericana, Priv. de Acacias 201, La Pradera, 62170 Cuernavaca, Morelos. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Boulevard Paseo Cuauhnahuac No. 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. México. antoniocolinasp@gmail.com, Tel. (+52) 7773381289.

principal la generación de resistencia antihelmíntica (RA) por parte de los parásitos (Beleckė et al., 2021). Algunas alternativas para combatir la RA que se han estudiado son el uso de plantas con actividad antiparasitaria (Sawitri et al., 2023), partículas de cobre (Kearney et al., 2016), vacunas como Barbevax (Prieto et al., 2021) pero se siguen buscando agentes vacunales (Camas-Pereyra et al., 2023), control biológico utilizando hongos nematófagos (HN) como *Duddingtonia flagrans* (Junco et al., 2023), entre otros.

Los HN son un grupo de hongos los cuales tienen la característica de ser saprobios, ya que se alimentan de materia orgánica, pero son facultativos, puesto que, ante la presencia de nematodos desarrollan diferentes mecanismos químicos o físicos para atraparlos y nutrirse de ellos (Elkhateeb et al., 2023). Los HN se pueden clasificar dependiendo su mecanismo para atrapar a los nematodos; endoparásitos, productores de toxinas, ovicidas y atrapadores (Yang and Zhang, 2014). Los hongos que son atrapadores pueden generar diferentes tipos de órganos de captura, como redes de hifa tridimensionales, botones adhesivos, dedos adhesivos los cuales se pueden unir por anastomosis para formar dedos escalariformes, anillos simples y anillos constrictores, los cuales ante la presencia de nematodos provocan que las células que lo forman, se hinchen para constreñir al nematodo (Zhang et al., 2011).

Materiales y métodos

Localización

El desarrollo experimental del proyecto se llevó a cabo en los laboratorios del área de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Jiutepec, Morelos.

Obtención de L_3 de *H. contortus*

Las L_3 de *H. contortus* se produjeron a partir de heces obtenidas directamente del recto de un borrego en estabulación dentro del INIFAP, infectado 21 días antes y monitoreado con técnica de McMaster. Las heces se usaron para realizar coprocultivos durante 7 días para que los huevos de *H. contortus* eclosionen y de desarrollen hasta L_3. Después utilizando el método de Bearmann se dejaron reposar las muestras de heces durante 24 horas para recuperar todas L_3.

Obtención de larvas de *Panagrellus redivivus*

Las larvas de vida libre *P. redivivus* fueron obtenidas de su cultivo en avena en los cuales las larvas se pueden mantener durante semanas; las larvas fueron separadas de la avena por medio tamizado del cultivo con diferentes tamices (500, 120 y 74 µm) lavando con agua destilada y pasando por un embudo con filtro de café con el método de Baermann para posteriormente, retirar el sobrenadante hasta quedarnos con aproximadamente 1 ml.

Aislamiento de los HN

El aislamiento de los HN se realizó sembrando las muestras de tierra tomadas de Cuernavaca, Morelos, en placas de Petri con agar bacteriológico dentro de una campana de flujo e incubándolas a temperatura de laboratorio (25 a 30°C) durante uno o dos días. Después, las placas sembradas fueron revisadas con el estereoscopio en busca del crecimiento de alguna estructura característica de un HN, al no ser así se agregó una cepa pura del INIFAP de *P. redivivus* para estimular a los HN para que las generaran. Las estructuras buscadas son, trampas con las cuales depredan a las larvas y se alimenten de las mismas, para nutrirse y producir estructuras reproductivas como conidióforos y conidios. Una vez generadas las estructuras y siendo observables para diferenciarlos de otros hongos presentes en las placas, fueron realizados pases monoconidiales, los cuales se realizaron dentro de campana y constan de usar un asa bacteriológica para tomar los conidios y sembrarlos en otras placas de petri con agar bacteriológico. Los pases monoconidiales se repitieron hasta conseguir que el hongo se encontrara libre de contaminantes como hongos o bacterias, así teniendo la cepa pura.

Identificación taxonómica de los HN

La identificación tradicional se realizó utilizando claves taxonómicas especializadas, las cuales se compararon con las mediciones de las estructuras de las cepas aisladas a partir de muestras de Cuernavaca, Morelos; la comparación se realizó tomando fotos en el microscopio óptico (20x y 40x) de las estructuras características de los HN como trampas, clamidoconidios, cantidad de septos, conidios y conidióforos, de los cuales se midió el largo y ancho de 25 conidios así como la longitud de 25 conidióforos (Dreschler, 1937; van Oorschot, 1985; Zhang et al., 2022).

Evaluación de la actividad depredadora

La actividad depredadora de las dos cepas aisladas se evaluó mediante la confrontación en cajas Petri del hongo contra L_3, creciendo en 10 placas de 60mm de agar bacteriológico (medio empobrecido) con *A. oligospora* y 10 con *A. musiformis* durante 10 días a temperatura ambiente del laboratorio (25 a 30 °C) y como grupo control se emplearon otras 10 placas sin el cultivo de algún hongo. Posteriormente, fueron añadidas 200 L_3 de *H. contortus* en 100 µl de PBS (pH 7.2) a cada placa. Las L_3 de *H. contortus* fueron lavadas con sacarosa al 40% para eliminar restos de materia fecal u otros contaminantes. La confrontación se llevó a cabo durante 10 días a temperatura ambiente del laboratorio, después se retiró el agar de las placas y se colocó en embudos para recuperar todas las larvas no depredadas, utilizando el método de Baermann durante 24 horas. Posteriormente, los tubos recuperados se mantuvieron en refrigeración a 4 °C durante 2 horas para que las L_3 descendieran completamente. Después, se retiró el sobrenadante dejando 1 ml en cada tubo. Las larvas recuperadas se cuantificaron, tomando 100 µl y colocándolos en un portaobjetos en dos líneas de 50µl para observarlos al microscopio. El porcentaje de reducción larvaria de cada HN se obtuvo utilizando el número de larvas recuperadas en el grupo control y los grupos tratados haciendo uso de la fórmula de ABBOTT.

$$\%RL = \frac{(LRc - LRt)}{LRc} 100$$

Donde:

%RL= porcentaje de reducción larvaria

LRc= larvas recuperadas en el grupo control

LRt= larvas recuperadas en el grupo tratado (con hongo)

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en la prueba de depredación de *H. contortus* fueron analizados empleando la prueba de t de Student, comparando el porcentaje de reducción larvaria de ambos grupos tratados (*A. musiformis* y *A. oligospora*) (α=0.05).

Resultados

Identificación morfológica de los HN con claves taxonómicas

Las observación y medición de estructuras características de los HN se compararon con las claves taxonómicas permitiendo encontrar que las especies en cuestión eran *A. musiformis* y *A. oligospora*. *A. musiformis* presentó hifas, conidióforos y conidios hialinos, generó trampas de redes tridimensionales, así como conidióforos candelabriformes con conidios alargados, ligeramente curvados. Por otra parte *A. oligospora* presentó hifas, conidióforos y conidios hialinos, generó trampas de redes tridimensionales, así como proliferación repetida de conidióforos con conidios globosos ligeramente constreñidos en el septo.

Tabla 2. Cuadro comparativo de las principales características observadas en las cepas aisladas.

Característica	**Cepa 1**	**Cepa 2**
Forma del conidio	Elipsoidal a obovoidal, ligeramente curvados	Globoso, en ocasiones ligeramente constreñidos en el septo
Septos	1 por debajo de la mitad del conidio	1, ligeramente por debajo de la mitad
Conidios/conidióforo	7 (3-11)	6 (4-8)
Largo conidio	32.7 (27-40)	21.1 (19-23)
Ancho conidio	13 (11-17)	11.4 (10-12)
Largo conidióforo	291 (141-403)	344 (193-429)
Cepa identificada	*Arthrobotrys musiformis*	*Arthrobotrys oligospora*

Evaluación de la actividad depredadora

Los resultados obtenidos de la prueba de depredación se muestran en la Tabla 3. La evaluación de la actividad depredadora de los HN contra L_3 de *H. contortus* mostró que *A. oligospora* redujo la población de larvas en un 45.14%, mientas que *A. musiformis* tuvo una reducción del 70.95%. En suma, La reducción larvaria hallada fue mayor en *A. musiformis* que en *A. oligospora*, mostrando que dicha diferencia fue significativa ($p<0.05$).

Tabla 3. Larvas recuperadas en los grupos tratados y controles, así como el porcentaje de reducción larvaria obtenido con cada cepa evaluada.

Cepa	Larvas recuperadas grupo control (Media ± EE)	Larvas recuperadas en el grupo tratado (Media ± EE)	Reducción larvaria (%)
A. oligospora	105 ± 26.42	192 ± 38.21	45.14[b]
A. musiformis	57 ± 30.35	197 ± 60.53	70.95[a]

[a] letras diferentes muestran diferencias significativas entre los grupos.

Discusión y conclusiones

La identificación morfológica de las cepas aisladas permitió definir a las cepas como *A. musiformis* y *A. oligospora*, no obstante, algunas especies muestran características similares a estas; por ejemplo, *A. javanica* presenta conidios de tamaño similar a los de *A. musiformis*, aunque los de este último son ligeramente más grandes, del mismo modo, la forma de los conidios de *A. javanica* es recta y no con la ligera curvatura encontrada en *A. musifromis*. Por otra parte, *A. oligospora* presenta conidios de tamaño y forma similar a algunas especies como *A. conoides* y *A. cladodes*; sin embargo, los conidios presentes en *A. conoides* son ligeramente más grandes y sus conidióforos presentan ramificación, igual que los conidióforos de *A. cladodes*, mientras que los de *A. oligospora* son erectos y no ramificados (van Oorschot, 1985; Zhang et al., 2022).

Los resultados de la evaluación de la actividad depredadora de las cepas aisladas mostraron que *A. musiformis* tuvo un alto porcentaje de reducción larvaria contra *H. contortus* de más del 70%. Existe una gran cantidad de trabajos donde se ha evaluado la depredación de cepas de *A. musiformis*, hallándose resultados muy variables, Pérez-Anzúrez y colaboradores (2022), encontraron que un aislado de *A. musiformis* obtenido de suelo de Cuautla, Morelos, tuvo un porcentaje de depredación contra *H. contortus* de 71.54%, muy similar al valor hallado en el presente trabajo. Así mismo, algunos autores han encontrado porcentajes de depredación que van desde el 60 hasta el 100%

contra diferentes nematodos como *H. contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y *P. redivivus*, entre otros (Alfaro-Gutierrez et al., 2011; Cao et al., 2018; Sánchez-Martínez et al., 2021). De acuerdo con lo anterior podemos ver que la cepa aislada tuvo resultados coherentes con los de estos autores.

La actividad depredadora encontrada en el aislado de *A. oligospora* no fue tan buena como la de *A. musiformis*. Hay un amplio número de trabajos que han evaluado dicha característica en *A. oligospora*; por ejemplo, Ojeda-Robertos y colaboradores (2019) encontraron porcentajes de reducción larvaria de *H. contortus*, superiores al 85% en cepas de aislados de heces de búfalo de agua, mientras que para cepas aisladas del suelo encontraron reducciones de 55-65%, siendo estos últimos valores más cercanos a los hallados en el presente trabajo.

En conclusión, las cepas aisladas mostraron una buena actividad depredadora siendo mayor en *A. musiformis* que en *A. oligospora*; sin embargo, esta actividad no es la única estrategia que emplean los hongos nematófagos para nutrirse, puesto que tienen la capacidad de nutrirse de manera saprófita. En suma, se ha estudiado la capacidad de los HN de liberar metabolitos al medio con actividad nematicida mostrando resultados favorables; por ejemplo, Pérez-Anzúrez y colaboradores (2022), encontraron un 93.42% de mortalidad larvaria a las 48 h en un filtrado líquido de *A. musiformis* al ser evaluado contra L3 de *H. contortus*, por lo cual se puede pensar que la cepa aislada de *A. musiformis* es capaz de producir metabolitos con actividad nematicida, igual que la cepa de *A. oligospora*. Es necesario evaluar las cepas aisladas en busca de metabolitos, para favorecer el control de nematodos gastrointestinales, sumando las actividades depredadoras con las de producción de compuestos secundarios con actividad antiparasitaria.

Literatura citada

Alfaro-Gutiérrez, I. C., de Gives, P. M., & Liébano, E. H., ME López and VM Hernández. (2011). Nematophagous fungi (Orbiliales) capturing, destroying and feeding on the histotrophic larvae of *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae). *Revista Mexicana de Micología*, *33*, 29-35.

Angeloni, F., Orcellet, V., Plaza, D., & Marengo, R. Prevalencia y géneros de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes de los Departamentos Feliciano y Federal, Entre Ríos (2018). VI Jornada de la Investigación y Extensión. https://www.fcv.unl.edu.ar/investigacion/wp-content/uploads/sites/7/2018/11/SA_ANGELONI_PREVALENCIA.pdf

BCRC, (2022) Parasites – Internal. Internal Parasites Affecting Beef Cattle. https://www.beefresearch.ca/topics/parasites-internal/

Beleckė, A., Kupčinskas, T., Stadalienė, I., Höglund, J., Thamsborg, S. M., Stuen, S., & Petkevičius, S. (2021). Anthelmintic resistance in small ruminants in the Nordic-Baltic region. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 63(1), 1-7.

Camas-Pereyra, R., Bautista-García, G. A., Avila, G., Alcala-Canto, Y., Maza-Lopez, J., Reyes-Guerrero, D. E., ... & López-Arellano, M. E. (2023). *In silico* analysis of two *Haemonchus* spp. serine protease peptides (S28) and their immunomodulatory activity *in vitro*. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 111545.

Cao, X., Xu, Q., Wan, X. M., Yang, X. C., Jia, X. Y., Xue, X. J., ... & Cai, K. Z. (2018). Isolation, identification, and *in vitro* predatory activity of nematophagous fungus *Arthrobotrys musiformis* and its interaction with nematodes using scanning electron microscopy. *Biocontrol Science and Technology*, *28*(1), 94-104.

Dreschsler, C. (1937). Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. *Mycologia*, 29(4), 447-552.

Elkhateeb, W. A., EL-Ghwas, D. E., & Daba, G. M. (2023). Nematophagous Fungi as an Extraordinary Tool to Control Parasitic Nematodes: A Review. *Environ Sci Arch*, *2*(1), 52-58.

Junco, M., Iglesias, L. E., Sagüés, F., Zegbi, S., Guerrero, I., & Saumell, C. A. (2023). A review of the use of *Duddingtonia flagrans* as a biological controller of strongylid nematodes in horses. *Parasitology Research*, *122*(2), 357-368.

Kearney, P. E., Murray, P. J., Hoy, J. M., Hohenhaus, M., & Kotze, A. (2016). The 'Toolbox'of strategies for managing *Haemonchus contortus* in goats: what's in and what's out. *Veterinary Parasitology*, *220*, 93-107.

Khan, A., Jamil, M., Ullah, S., Ramzan, F., Khan, H., Ullah, N., ... & Amber, R. (2023). The Prevalence of Gastrointestinal Nematodes in Livestock and their Health Hazards: A Review. *World*, *13*(1), 57-64.

Mekonnen G (2021) A Review on Gastrointestinal Nematodes in Small Ruminants. Adv Appl Sci Res Vol.12 No.7:32

Mussa, S. M. (2023). Study on the Prevalence and Associated Risk Factors of *Haemonchus Contortus* Infection in Small Ruminants in Mitto District, Silte Zone, Ethiopia. *Journal of Veterinary Health Science*, *4*(1), 46-53.

Ojeda-Robertos, N. F., Aguilar-Marcelino, L., Olmedo-Juárez, A., Luna-Palomera, C., Peralta-Torres, J. A., López-Arellano, M. E., & Mendoza-de-Gives, P. (2019). *In vitro* predatory activity of nematophagous fungi isolated from water buffalo feces and from soil in the Mexican southeastern. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 28, 314-319.

Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrobotrys musiformis* (Orbiliales) Kills *Haemonchus contortus* Infective Larvae (Trichostronylidae) through Its Predatory Activity and Its Fungal Culture Filtrates. *Pathogens*, *11*(10), 1068.

Pié-Orpí, J. (2020) Coccidiosis en Rumiantes. Veterinaria Digital. https://www.veterinariadigital.com/post_blog/coccidiosis-en-rumiantes/

Prieto, L. D. P., Borda, L. M. V., & Hernández, D. A. J. (2021). Las generaciones de las vacunas: Caso de vacunas antiparasitarias gastrointestinales utilizadas en Medicina Veterinaria. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, *12*(2).

Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., & Mendoza-de Gives, P. (2021). Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *12*, 186-204.

Sánchez-Martínez, E., Aguilar-Marcelino, L., Hernández-Romano, J., Castañeda-Ramírez, G. S., & Mendoza-de-Gives, P. (2021). Taxonomic and biological characterization and predatory activity of four nematophagous fungi isolates of *Arthrobotrys* species from Tapachula, Chiapas, Mexico. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1-17.

Sawitri, D. H., Wardhana, A. H., Nefho, F., Purwanto, E. S., Martindah, E., & Puastuti, W. (2023, March). Evaluation of Gamal Leaves (*Gliricidia Sepium*) as Anthelmintic Forages Against Gastrointestinal Nematodes in Sheep. In *1st International Conference for Health Research–BRIN (ICHR 2022)* (pp. 880-890). Atlantis Press.

Strydom, T., Lavan, R. P., Torres, S., & Heaney, K. (2023). The Economic Impact of Parasitism from Nematodes, Trematodes and Ticks on Beef Cattle Production. *Animals*, *13*(10), 1599.

Van Oorschot, C. A. N. (1985). Taxonomy of the Dactylaria comlex, V. A review of *Arthrobotrys* and allied genera. *Stud. Mycol*., 26, 61-96.

Yang, J., & Zhang, K. Q. (2014). Biological control of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi. *Nematode-trapping fungi*, 231-262.

Zhang, F., Boonmee, S., Bhat, J. D., Xiao, W., & Yang, X. Y. (2022). New *Arthrobotrys* nematode-trapping species (Orbiliaceae) from terrestrial soils and freshwater sediments in China. *Journal of Fungi*, *8*(7), 671.

Zhang, Y., Li, G. H., & Zhang, K. Q. (2011). A review on the research of nematophagous fungal species (In Chinese). Mycosystema, 30, 836–845.

EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE UNA DORAMECTINA AL 1.1% MEDIANTE PRUEBA DE ESTABLO Y CAMPO PARA EL CONTROL DE *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

[*1]Osorio M.J.; Martínez I.F.; Rodríguez C.F.; Ortega M.L.; Ortega H.M.G.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la efectividad biológica de la Doramectina al 1.1% solución inyectable, aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p/v) equivalente a 220 µg/Kg, desafiada sobre ganado artificial y naturalmente infestado con *Rhipicephalus (B.) microplus* mediante pruebas de establo (P.E.) y campo (P.C.) de acuerdo a la NOM-006-ZOO-1993, Requisitos de Efectividad Biológica para los Ixodicidas de uso en bovinos y métodos de prueba. Se determinaron los parámetros reproductivos: Efectividad sobre la Repleción (%E/R), Inhibición de la Oviposición (%I.O.) y Potencial Reproductivo (%I.P.R.) en *R. (B.) microplus*, además las variantes de peso entre las hembras repletas, huevos ovipositados y porcentajes de eclosión. En la P.E. sobre ganado artificialmente infestado, se desafió la cepa de referencia "Rancho Nuevo" (CENAPA), caracterizada toxicológicamente mediante LPT (Prueba de Paquete de Larvas Stone & Haydock 1962), como resistente a Organoclorados (OCl), Piretroides Sintéticos (PS), Organofosforados (OF), Amidinas (Am) y Fipronil (Fp). Los resultados globales encontrados fueron: 80,98%, 23,94% y 98,56% de control sobre los parámetros %E/R, %I.O., %I.P.R. respectivamente, para un tiempo de 35 días de protección. Al realizar un “ANOVA” comparando el lote testigo con el experimental, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los números de hembras repletas, peso de hembras, huevos y eclosión de larvas viables. En contraste, en la P.C. realizada en San Juan Evangelista, Veracruz, se desafió la cepa “Silvestre” nativa del rancho resultando resistente a Ocl, PS, OF, Fp y Am, encontrando resultados globales de 63,35%, 74,67 y 98% sobre los parámetros %E/R, %I.O., %I.P.R. respectivamente para un tiempo de 35 días de protección. Al realizar otro “ANOVA”, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre el lote testigo y tratado sobre los números de hembras repletas y porcentajes de eclosión de larvas, en el caso de los pesos de huevos, se encontraron diferencias ($P<0.10$), no resultando así para los pesos de hembras. Utilizar frecuentemente Doramectina para el control de garrapatas, ocasionará una presión de selección en poblaciones de campo favoreciendo la emergencia de resistencia. No obstante, si la molécula es utilizada de manera racional en programas de control y rotación estratégica apoyada con el diagnóstico de “Susceptibilidad”, su vida útil puede prolongarse. La Doramectina al 1.1% evaluada mediante P.E. y P.C., cumple con la efectividad global de control establecida sobre él %I.P.R. igual o superior al 98% marcado en la NOM-006-ZOO-1993. Actualmente el control de garrapatas está encaminado al manejo integral de la plaga (MIP), apoyado con el diagnóstico de “Susceptibilidad”, permitiendo elegir el (los) producto (s) más adecuado (s) para su control, incluyendo la rotación estratégica de plaguicidas con diferente mecanismo de acción para prolongar la vida útil de las moléculas utilizadas en campo.

INTRODUCCIÓN

La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) ocasiona una de las parasitosis de mayor importancia para la ganadería en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del planeta donde las condiciones ecológicas son ideales para su desarrollo. Las pérdidas económicas incluyen daños directos debido a la sangre ingerida, deterioro de las pieles por picadura, uso de tratamientos garrapaticidas y la mano de obra para su aplicación; asimismo también, por los daños indirectos que ocasionan al ser vectores de los agentes etiológicos *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale* causantes de la Babesisosis y la Anaplasmosis bovina (Nari, A. et al, 1999, 2000, Benavides, et al 2002; De la Fuente, et al, 2006, Rodríguez, et al 2005, Reck, et al 2014).
Varias familias químicas han sido utilizadas para el control de la garrapata del ganado, *R. (B.) microplus*, incluyendo Fipronil y Lindano. Sin embargo, en diversos países, como consecuencia de

[* *1]Jorge Osorio Miranda: CENAPA–SENASICA–SAGARPA. - IICA Carr. Cuernavaca Cuautla No 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México. C.P. 62550. jorgeosorio.miranda@gmail.com Tel. (555) 905 1000 Ext. 53123

su amplia utilización, las poblaciones de *R. (B) microplus* han desarrollado resistencia a las principales clases de acaricidas, incluyendo Fipronil (E. Castro, Janer, 2015,). El principal problema en el control de garrapatas ha sido el fenómeno de quimio resistencia; el cual se ha reportado hacia diversas familias de ixodicidas como los Organofosforados (OF), Piretroides Sintéticos (PS), y Formamidinas (Am). En los últimos años, varios autores han reportado casos de cepas de *R. (B.) microplus* resistentes hacia otras familias como las Lactonas Macrocíclicas (LM) (Martins y Furlong, 2001; Klafke et al., 2006; Pérez, Cogollo, et al 2009) y al Fluazuron (Reck, J et al 2014).

A nivel mundial el primer caso de resistencia al Fipronil en *R. (B.) microplus* se presentó inicialmente en Uruguay, donde se reportó una cepa resistente (Cuore et al., 2007), posteriormente se reporta en bioensayos in vitro (Castro-Janer et al., 2009). Así mismo en México también existen reportes de cepas de campo resistentes al Fipronil (Osorio-Miranda J. et al, 2012; Robert J. Miller, et al, 2008 y 2013; Osorio M.J.et al, 2014).

En términos generales el arsenal químico que ha sido utilizado para el control de garrapatas a nivel mundial incluye acaricidas pertenecientes a diferentes familias químicas como son los Arsenicales (As), Organoclorados (Ocl), Organofosforados (OF), Carbamatos (Ca), Amidinas (Am), Piretroides Sintéticos (PS), Avermectinas (Av), Bioreguladores del Crecimiento (IGR's) y Fenilpirazolonas o Fipronil (Fip) (Osorio M.J.et al, 2014). Más recientemente se ha incorporado el Fluralaner (Flu) mismo que pertenece a la familia de las Isoxasolinas (Shiyao et al, 2017), (Gassel et al 2014).

La Doramectina, es un ectoparasiticida sistémico perteneciente a la familia de las Avermectinas también conocidas como Lactonas Macrociclicas que incluyen: Ivermectina, Abamectina, Doramectina, Eprinomectina, Moxidectina y Selamectina (Jayakumar et al, 2009). Sus estructuras comparten similitud con los macrólidos antibacterianos y los poligenes macrocíclicos antifúngicos, pero difieren en el mecanismo de acción (Campbell et al, 2012). La Doramectina se ha utilizado en forma inyectable (10 mg / ml) o tópica (5 mg / ml) en rumiantes, cerdos y bovinos (Mingot et al 2001; Lanusse et al 2018). La dosis subcutánea actual aprobada por la FDA es de 0,2 mg/Kg para bovinos y de 0,3 mg/Kg para cerdos, y la solución tópica solo está autorizada para bovinos a 0,5 mg/Kg (Gordon et al 2019). Actualmente la Doramectina es un antiparasitario de amplio espectro de uso veterinario en bovinos, ovinos, caprinos, porcinos y equinos para el control de parásitos tales como gusanos gastrointestinales, nematodos pulmonares, miasis, piojos, ácaros, sarna y como coadyuvantes en el control de garrapatas.

Indiscutiblemente los mecanismos de resistencia a los acaricidas tienen una base genética y por lo tanto se trata de caracteres que pueden ser heredados entre las poblaciones de garrapatas en el tiempo y el espacio. Los genotipos predominantes de la genética de resistencia incluyen la insensibilidad sitio blanco de acción y la detoxificación metabólica (Rosario Cruz et al, 2009; Soberanes et al 2005). Ante este hecho, la garrapata ha sido capaz de mutar, establecer, dispersar y dar emergencia a los genes que codifican resistencia permitiendo que el alelo resistente sea lo suficientemente común para reducir la efectividad de los tratamientos, evadiendo de esta manera las condiciones artificiales impuestas, siendo esto una limitante para el control químico (Sutherst, et al 1979). En la actualidad el fenómeno resistencia hacia los ixodicidas utilizados para el control de garrapatas *R (B). microplus* se manifiesta en el campo con características genotípicas de resistencia múltiple, debido en parte a la presión de selección y a la plasticidad que poseen estos ectoparásitos de poder modificar su estructura genética y mutar en organismos que manifiestan resistencia a nuevas familias químicas utilizadas en su contra (Osorio M.J.et al, 2014).

Las Avermectinas presentan un mecanismo de acción previniendo la transmisión de impulsos eléctricos en los músculos y nervios de los invertebrados, al amplificar los efectos de entrada del glutamato en los canales de cloro específicos de los invertebrados (Bloomquist et al 2003; Subbanna et al 2020). Esto permite que entren más iones de cloro en las células, provocando una híperpolarización que culmina en la parálisis de los sistemas neuromusculares de los invertebrados. Las dosis administradas que provocan este daño no son tóxicas para los mamíferos, debido a que carecen del canal de cloro dependiente del glutamato. Como resultado, las Avermectinas provocan parálisis y muerte de los parásitos, lo que los hace efectivos contra una amplia gama de parásitos internos y externos, como los nematodos y ácaros.

En muchos países los esfuerzos para controlar el ectoparásito se han basado fundamentalmente en el control químico (Kunz y Kemp, 1994) utilizando una amplia variedad de estrategias y rotación de productos, sin embargo, debido al creciente problema de garrapatas resistentes y al incremento de residuos químicos, se vienen impulsado nuevas alternativas que presenten menos daños directos y

colaterales a la producción y medio ambiente con una tendencia hacia el manejo integral de la plaga (MIP). Sin embargo, la aplicación de un MIP necesita de un amplio conocimiento sobre la biología de la garrapata *R. (B.) microplus*, la región ecológica donde se encuentra, el tipo de ganado que infesta y el sistema de explotación (Osorio, 2014). No obstante, el control de garrapatas debería estar sustentado en el MIP, dándole importancia al diagnóstico de Susceptibilidad como una herramienta fundamental para elegir el (los) producto (s) más adecuado (s) e implementar una rotación de ixodicidas, con la finalidad de retrasar el desarrollo de la resistencia hacia las familias que aún no han expresado el fenómeno (Osorio, 2014). La elección de los químicos dependerá en gran medida de las necesidades individuales de los productores, los recursos con que cuenten, y al impacto económico de las garrapatas en el sistema de producción animal (Kunz & Kemp 1994).
El desarrollo futuro de nuevas drogas para el control de ecto y endoparásitos en el ganado bovino puede llevar tiempo y recursos considerables. La investigación, desarrollo y validación de productos puede verse limitada debido a la resistencia y resistencia cruzada hacia las nuevas moléculas y a la falta de conocimiento y competencia para descubrir nuevas drogas, además de enfrentar desafíos científicos, financieros y regulatorios, lo que puede retrasar la disponibilidad de nuevas drogas con diferente mecanismo de acción. Por otra parte, la constatación de la efectividad biológica de los productos ixodicidas mediante la aplicación de normas oficiales utilizando como herramienta pruebas de laboratorio, establo y campo, son una medida de control de calidad como requisito indispensable que asegura la eficacia de los plaguicidas para su uso contra cepas de campo; siempre y cuando las poblaciones del parásito no expresen resistencia hacia la molécula evaluada.

MATERIAL Y METODOS

Modelo Experimental: El producto Doramectina al 1.1% presentación solución inyectable aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo equivalente a 220 µg/Kg, se evaluó mediante pruebas de Establo y Campo de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NORMA Oficial Mexicana: NOM-006-ZOO1993, Requisitos de efectividad biológica para los ixodicidas de uso en bovinos y método de prueba, que establece los parámetros de efectividad biológica que deben cumplir los productos ixodicidas para su uso en bovinos.

Material Biológico: En la P.E. simulando condiciones naturales sobre ganado artificialmente infestado, se utilizó *R. (B.) microplus* cepa “Rancho Nuevo” resistente a Ocl, PS, OF, Am y Fp. Para corroborar los resultados obtenidos en la P.E. y determinar el comportamiento del producto bajo condiciones naturales, se realizó una P.C. sobre ganado infestado naturalmente con *R. (B.) microplus* cepa “Silvestre” nativa del rancho también resistente a ixodicidas Ocl, PS, OF, Am y Fp.

Prueba de Establo (PE): Se realizó en el Departamento de Ectoparásitos y Dípteros del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA), ubicado en Progreso, Jiutepec Morelos, México. Durante el desarrollo de la prueba se practicaron sobre los animales 15 infestaciones artificiales con 50 mg de larvas (≈1,800 larvas) los días lunes, miércoles y viernes, de tal forma que, al momento de la aplicación del producto, se encontraban presentes en cantidades significativas todos los estadios de desarrollo del parásito. Durante la fase previa al tratamiento se realizaron cinco colectas de garrapatas hembras repletas que sirvieron como controles; y durante la fase posterior a la aplicación del producto se realizaron colectas por 35 días permitiendo determinar el efecto del ixodicida. En esta prueba se utilizaron seis bovinos seleccionando de manera aleatoria, tres para el lote testigo e igual número para el grupo experimental.

Prueba de Campo (PC): Se realizó en el rancho “San Felipe” ubicado en la Localidad de San Juan Evangelista, Veracruz. Esta prueba está diseñada para determinar la efectividad de los ixodicidas sobre ganado naturalmente infestado bajo condiciones de uso normales en el campo. Se trabajó con bovinos infestados con una carga parasitaría mínima de 40 garrapatas en proceso de repleción por lado (Semirepletas S/R = 4–8 mm), asegurando así, encontrar todos los estadios de desarrollo del parásito. En la fase previa al tratamiento (día – 1) se realizó conteo de garrapatas hembras S/R y colecta de hembras repletas que sirvieron como controles, seleccionando aleatoriamente 10 bovinos para el grupo testigo y 20 experimentales. Durante la fase post tratamiento se realizaron conteos de hembras S/R y colectas de garrapatas hembras repletas los días + 1, + 3, + 7 + 14, + 21, + 28 y + 35 post tratamiento, permitiendo determinar el efecto real del ixodicida bajo condiciones naturales.

Incubación y seguimiento: Tanto para la P.E. como en la P.C., el total de garrapatas hembras repletas colectadas por día en los grupos testigo y tratado durante las fases pre y post tratamiento,

fueron contabilizadas y pesadas, seleccionando una alícuota de 20 garrapatas para el seguimiento de su ciclo biológico, incubándose a 27 ± 2 °C y 80-90% de HR durante 14 días hasta obtener el peso de la oviposición y por 25 días más para obtener la eclosión de larvas.

Análisis de resultados: Con los datos generados en las P.E. y P.C., se realizó una comparación múltiple de medias utilizando las fórmulas establecidas en la NOM-006-ZOO-1993 para determinar por día, fase y global, los porcentajes de control sobre los parámetros reproductivos %E/R, %I.O. y %I.P.R. en *R. (B) microplus* cepas "Rancho Nuevo" y "Silvestre". También se determinó mediante una prueba "ANOVA", la significancia entre los números de garrapatas contabilizadas y las variantes de peso entre las hembras repletas, huevos ovipositados y porcentajes de eclosión de las garrapatas tratadas en comparación con el grupo testigo.

Objetivos: Los objetivos del presente trabajo fueron: Determinar los porcentajes diario y global de efectividad sobre los parámetros reproductivos %E/R, %I.O. e %I.P.R. en *R. (B) microplus* cepas "Rancho Nuevo" y "Silvestre" tratadas con Doramectina solución inyectable al 1.1% aplicada a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p./v.) equivalente a 220 µg/kg y determinar si existen diferencias significativas entre los números de garrapatas, peso de las hembras repletas, huevos ovipositados y porcentajes de eclosión entre el lote tratado en comparación con el grupo testigo.

RESULTADOS

Los cuadros 1, 2 y 3 muestran los porcentajes de control diario y global sobre los parámetros reproductivos: %E/R, %I.O. y %I.P.R. encontrados durante la evaluación de la P.E. y P.C. desafiando *R. (B) microplus* cepa "Rancho Nuevo" (CENAPA) y "Silvestre" nativa del rancho "San Felipe" en San Juan Evangelista, Veracruz, tratadas con Doramectina al 1.1% solución inyectable administrada a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p./v.) equivalente a 220 µg/kg.

Las Gráficas 1, 2, 3 y 4 muestran los resultados de la Prueba de Establo realizada en el Depto. de Ectoparásitos y Dípteros del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal (CENAPA), observándose las curvas del número de hembras repletas, los pesos promedio de hembras colectadas y huevos ovipositados, así como los porcentajes de eclosión en *R. (B.) microplus* cepa "Rancho Nuevo" en los grupos testigo y tratado con Doramectina.

CUADRO 1

Porcentajes de efectividad diaria sobre %E/R, %I.O. y %I.P.R. en garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* cepa "Rancho Nuevo" colectadas en bovinos tratados con Doramectina 1.1% aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p./v.) equivalente a 220 µg/kg.

DÍA	% E/R	% I.O.	%I.P.R.
3	55.05	48.00	94.45
4	79.95	41.97	97.50
5	90.37	46.78	99.00
6	72.75	58.56	98.10
7	46.14	51.45	96.93
10	92.24	84.76	99.95
11	98.10	100.00	100.00
12	95.20	81.31	100.00
13	82.47	0.00	99.97
14	91.64	92.00	100.00
17	97.46	59.72	100.00
18	100.00	100.00	100.00
19	100.00	100.00	100.00
20	99.03	57.57	100.00
21	100.00	100.00	100.00
24	100.00	100.00	100.00
25	100.00	100.00	100.00
26	100.00	100.00	100.00
27	100.00	100.00	100.00
28	98.23	100.00	100.00
31	91.09	0.00	96.29
32	73.79	6.77	91.78
33	80.72	0.00	94.48
34	53.74	13.82	90.30
35	49.53	4.86	78.20

* Porcentaje de efectividad sobre la repleción
** Porcentaje de inhibición sobre la oviposición
***Porcentaje de inhibición sobre el potencial reproductivo

CUADRO 2

Porcentajes globales de efectividad sobre algunos procesos reproductivos, obtenidos en garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* cepa "Rancho Nuevo" tratadas con Doramectina 1.1% aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p./v.) equivalente a 220 µg/kg.

% GLOBAL	% E.R.*	% I.O.**	% I.P.R.***
DÍA + 35 POSTRATAMIENTO	80.98	23.94	98.56

* Porcentaje de efectividad sobre la repleción
** Porcentaje de inhibición sobre la oviposición
***Porcentaje de inhibición sobre el potencial reproductivo

Cuadro 3

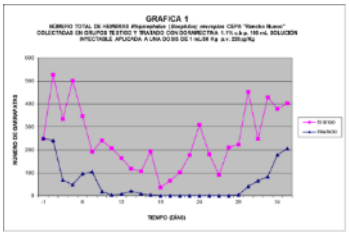
Efectividad diaria y global sobre %E/R, %I.O. y %I.P.R. en *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* cepa "Silvestre" colectadas en bovinos tratados con Doramectina 1.1% aplicada vía subcutánea a dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo (p./v.) equivalente a 220 µg/kg Rancho "San Felipe" San Juan Evangelista, Ver.

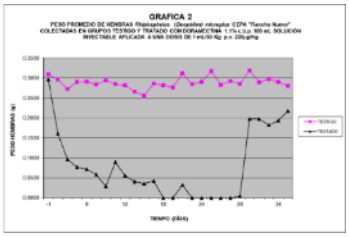
Día	% E.R.*	% I.O.**	% I.P.R.***
+ 1	31.80	83.26	97.04
+ 3	47.24	91.67	99.13
+ 7	82.40	63.42	98.97
+ 14	80.88	84.55	99.14
+ 21	81.31	75.13	98.96
+ 28	81.50	74.45	98.66
+ 35	67.98	31.48	96.60
Global día +35	63.35 %	74.67	98.00

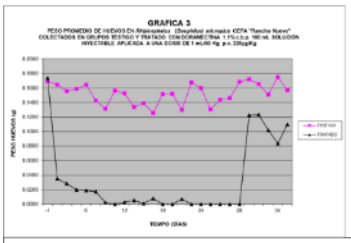
* Porcentaje de efectividad sobre la repleción
** Porcentaje de inhibición sobre la oviposición
***Porcentaje de inhibición sobre el potencial reproductivo

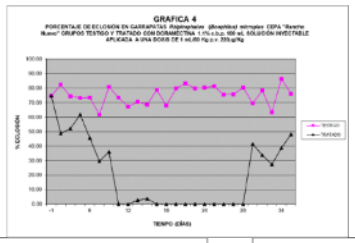
e Felipe" ubicado en San Juan Evangelista Veracruz. Donde se observan las curvas del numero de hembras repletas colectadas, los pesos promedio de las hembras repletas y huevos ovipositados,

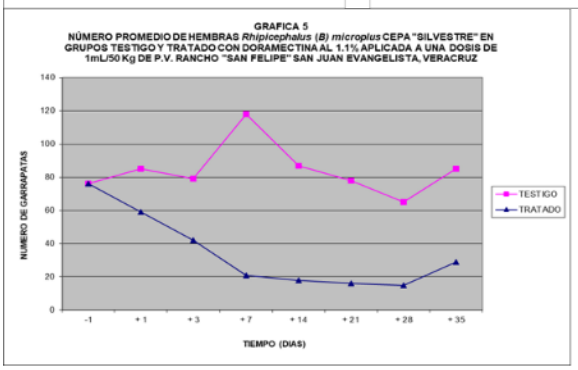
así como los porcentajes de eclosión en garrapatas *R. (B.) microplus* cepa "Silvestre" nativa del rancho en los grupos testigo y tratado con Doramectina.

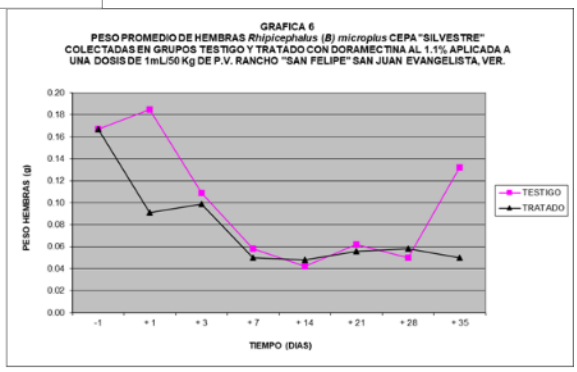


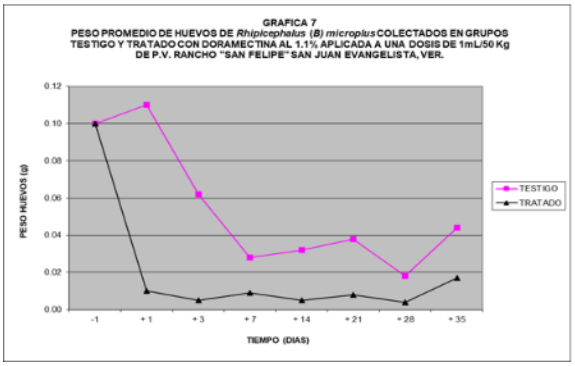


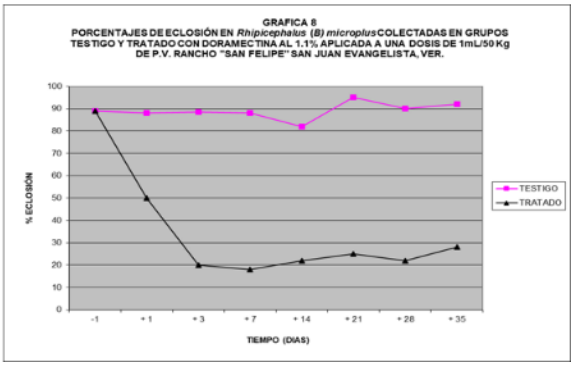












Los datos generados en la Prueba de Establo (PE) desafiando Doramectinar al 1.1% contra garrapatas *R. (B.) microplus* cepa "Rancho Nuevo", fueron analizados mediante una prueba "ANOVA". Al analizar las curvas de los números de hembras repletas colectadas durante la evaluación; así como los pesos promedio de hembras, huevos ovipositados y porcentajes de eclosión entre las garrapatas del lote testigo en comparación con el lote tratado, se encontraron en todos los análisis, diferencias estadísticamente significativas a la misma significancia ($P < 0.01$).

Al realizar un nuevo análisis de "ANOVA" con los datos obtenidos en la Prueba de Campo (PC) se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los números de garrapatas hembras en proceso de repleción y porcentajes de eclosión entre las garrapatas del grupo testigo y tratado, así como para los pesos de huevos ($P<0.10$), no encontrando diferencias entre los pesos de hembras.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La familia de las Avermectinas son un grupo de fármacos que se obtienen por la fermentación de *Streptomyces avermitilis*, actinomiceto aislado del suelo. La Doramectina solución inyectable aplicada vía subcutánea es uno de los productos que se han utilizado para el control de nematodos

gastrointestinales, así como para el control de garrapatas y moscas. Presenta como contraindicaciones, que los animales no deberán ser para sacrificio inmediato, no administrarse a ganado de leche destinada a consumo humano, ni a especies distintas de las autorizadas. Además, al ser eliminada en las heces de animales, causan efectos adversos sobre la entomofauna edáfica asociada al estiércol (Jacobs, et al 2015).

En un estudio con ganado artificialmente infestado se evaluó la eficacia de la Doramectina inyectable aplicada a 200 µg/Kg desafiando hembras adultas de *Boophilus microplus* en las últimas etapas de la ingurgitación antes de su desprendimiento, encontrando niveles letales en suero del ganado tratado (9.7-36.6 ppb) manteniéndose durante 24 horas posteriores al tratamiento. Sin embargo, a los 18 días después de la infestación proporcionó un control significativamente mayor (99,5%) que el tratamiento a 19 o 20 días después de la infestación (95.8 y 89.1%), lo que indica que una parte significativa de las garrapatas pudieron repletarse y desprenderse antes de obtener una dosis letal de Doramectina (Ronald B Davey et al 2007). No obstante, en otro estudio aplicando tratamientos a intervalos de 25 a 28 días, se reduce el riesgo de que se repleten y reinfesten áreas libres de garrapatas a lo largo de la frontera entre Texas y México, pudiendo ser utilizadas como parte de un programa de erradicación para EUA. (Ronald B Davey et al 2012).

En contraste, en el presente estudio desafiando Doramectina al 1.1% presentación solución inyectable aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo equivalente a 220 µg/Kg, en ganado artificialmente infestado con *Rhipicephalus (B.) microplus* cepa “Rancho Nuevo”, la efectividad biológica del producto alcanza 5 semanas de protección con un porcentaje global de I.P.R. de 98.56% en la P.E. y de 98% para la P.C. desafiando la cepa “Silvestre”.

El control de garrapatas debería estar sustentado en el Manejo Integrado de la Plaga (MIP), dándole importancia prioritaria al diagnóstico de Susceptibilidad como una herramienta para elegir el (los) producto (s) más adecuado (s) e implementar una rotación, con la finalidad de retrasar el desarrollo de la resistencia hacia las familias que aún no han expresado el fenómeno. Por consiguiente, la aplicación de un programa de MIP necesita de un amplio conocimiento sobre la biología de *R. (B.) microplus*, la región ecológica donde se encuentra, el tipo de ganado que infesta y el sistema de explotación (Osorio, 2014). Se discute el hecho de que al aplicarse de manera frecuente cualquier ixodicida, se corre el riesgo de favorecer la selección de individuos resistentes al ser utilizados de manera irracional y de que los organismos blancos presenten incorporado en su genoma genes que codifiquen resistencia cruzada hacia la formulación evaluada.

Por otra parte, la presencia del fenómeno quimiorresistencia hacia los ixodicidas, el alto costo de los químicos más novedosos, y la necesidad de buscar alternativas más amigables con el ambiente y consumo humano, obligan a un cambio de estrategia y a la implementación de métodos de control que posibiliten abrir los calendarios de tratamientos (menor presión de selección) y prolongar la vida útil de las moléculas parasiticidas (Nari, 1995; Jonsson y Piper, 2007).

Finalmente, de acuerdo a los resultados encontrados en las Pruebas de Establo y Campo para constatar la efectividad biológica de la Doramectina al 1.1% presentación solución inyectable aplicada vía subcutánea a una dosis de 1 mL/50 Kg de peso vivo equivalente a 220 µg/Kg, desafiando garrapatas *R. (B.) microplus* cepas “Rancho Nuevo” y “Silvestre” resistentes a productos Ocl, PS, OF, Am y Fp; la Doramectina al 1.1% alcanza un porcentaje de control aceptable de 98% en ambas pruebas controlando cepas multiresistentes cumpliendo satisfactoriamente con el requisito de efectividad biológica establecido en la NOM-006-ZOO-1993.

REFERENCIAS

1. B. F. Stone and K. P. Haydock, “A Method for Measuring the Acaricide Susceptibility of the Cattle Tick Boophilus microplus,” Veterinary Parasitology, Vol. 71, 1962, pp. 77-97.
2. Castro-Janer, E., Rifran, L., Piaggio, J., Gil, A., Miller, R.J., Schumaker, T.T.S., 2009. In vitro tests to establish LC50 and discriminating concentrations for fipronil against Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae) and their standardization. Vet. Parasitol. 162, 120–128.
3. Castro Janer E., G.M. Klafke, M.L. Capurro, T.T.S. Schumaker, 2015, Cross-resistance between fipronil and lindane in Rhipicephalus (Boophilus) microplus. Veterinary Parasitology 210 (2015) 77–83
4. Cuore, U., Trelles, A., Sanchı´s, J., Gayo, V., Solari, M.A., 2007. Primer diagnóstico de resistencia al Fipronil en la garrapata común del ganado Boophilus microplus. Veterinaria (Montevideo) 42,

35–41.Benavides, E. & Romero, A. (2002).- Consideraciones para el control integral de parásitos externos del ganado. Carta FEDEGAN, Edición Nª 70, pps 1-7
5. De La Fuente, J., Naranjo, V., Ruiz-Fons, F., Hofle, U., Villanahua, D., Almazan, C., Torina, A., Caracappa, S., Kocan, K.M. y Gortazar, C. (2006). Potential vertebrate reservoir hosts and invertebrate vectors of Anaplasma marginale and Anaplasma phagocytophilum in central Spain. Vector Borne Zoonotic Dis. 5(4): 390-401.
6. FAO. 1987. Control de las garrapatas y de las enfermedades que trasmiten. Manual práctico de campo. FAO Vol. 1.
7. Gassel, M.; Wolf, C.; Noack, S.; Williams, H.; Ilg, T. The novel isoxazoline ectoparasiticide fluralaner: Selective inhibition of arthropod-aminobutyric acid- and L-glutamate-gated chloride channels and insecticidal/acaricidal activity. Insect Biochem. Mol. Biol. 2014, 45, 111–124. [CrossRef] [PubMed]
8. Jacobs, Carmen T.; Scholtz, Clarke H. (2015). A review on the effect of macrocyclic lactones on dung-dwelling insects: Toxicity of macrocyclic lactones to dung beetles. Onderstepoort J Vet Res, 82(1), –. doi:10.4102/ojvr.v82i1.858
9. Jonsson N., E. Piper. 2007. Integrated control programs for ticks on cattle. School of Veterinary Science. The University of Queensland. QLD, 4072. Australia
10. José Reck, Guilherme Marcondes Klafke, Anelise Webster, Bruno Dall'Agnol, Ramon Scheffer, Ugo Araújo Souza, Vivian Bamberg Corassini, Rafael Vargas, Julsan Silveira dos Santos, João Ricardo de Souza Martins. 2014. First report of fluazuron resistance in Rhipicephalus microplus: a field tick population resistant to six classes of acaricides. Vet Parasitol. 2014 Mar 17;201 (1-2):128-36.
11. Klafke, G. M., G. A. Sabatini, T. A. De Albuquerque, J. R. Martins, D. H. Kemp, R. J. Miller, and T. T. Schumaker. 2006. Larval immersion tests with ivermectin in populations of the cattle tick Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae) from State of Sao Paulo, Brazil. Veterinary Parasitology. 142(3-4):386-390.
12. Kunz S E and Kemp D H. 1994 Insecticides and acaricides: resistance and environmental impact. Rev. Sci. Tech. OIE 13:49 1249-1286.
13. Martins, J.R., Furlong, J., 2001. Avermectin resistance of the cattle tick Boophilus microplus in Brazil. Vet. Rec. 149, 64.
14. Miller RJ, Almazán C, Ortíz-Estrada M, Davey RB, George JE, De León AP. First report of fipronil resistance in Rhipicephalus (Boophilus) microplus of Mexico. Vet Parasitol. 2013 Jan 16;191(1-2):97-101.
15. Miller RJ, Almazan GC, Estrada OM, Davey RB, George JE, A survey for Fipronil and Ivermectin resistant Rhipicephalus (Boophilus) microplus collected in northern Mexico and the opinions for the managemenet of acaricide resistant ticks with pesticides. En: García VZ editor. VI Seminario Internacional de Parasitología. Impacto de las enfermedades parasitarias sobre la ganadería globalizada. INIFAP-INFARVET-AMPAVE-CNG-UV. Veracruz, México, 2008.
16. Nari, A. Et al. (2000).- Control de la resistencia a los antiparasitarios a la luz de los conocimientos actuales. Resúmenes XXI Congreso Mundial de Buiatría y XXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Punta del Este, Uruguay. pp 2.
17. Nari, A.; Hansen, J.W. (1999).- Resitance of ecto and endoparasites: Current and future solutions. Report on technical items presented to the International Committee; 67 General session of the International Commitee, Paris, 17-21 May, p.23-34.
18. Nari, A. 1995. Strategies for the control of one-host ticks and relationship with tick-borne diseases in South America. Veterinary Parasitology 57: 153-165.
19. Nolan J, Wilson JT, Green PE, Bird PE. Synthetic pyrethroid resistance in field samples in the cattle tick (Boophilus microplus) 1989. Aust Vet J. 1989 Jun; 66(6):179-82.
20. NOM-ZOO-006-1993. Requisitos de Efectividad Biológica para Ixodicidas de Uso en Bovinos y Método de Prueba, publicada el 21 de septiembre de 1994.
21. Osorio MJ, Martínez IF, Delabra VG, Valladares FE., Determinación de una "Dosis Discriminante" en Fenilpirazolonas para el diagnóstico de resistencia en larvas de Boophilus microplus. VI Seminario Internacional de Parasitología Animal, Impacto de las enfermedades parasitarias sobre la ganadería globalizada. INIFAP-INFARVET-AMPAVE-CNG-UV. Boca del Río Veracruz, México, 3 al 5 de Septiembre del 2008.

22. Osorio-Miranda J.; Martínez-Ibañez F., Delabra-Vaca G.; Peláez-Flores A., Caracterización toxicológica de una cepa de garrapatas Boophilus microplus resistente a las Fenilpirazolonas. VII Seminario Internacional de Parasitología Animal y IX Congreso Nacional de Parasitología Veterinaria, 10 al 12 de Octubre del 2012, Cd. De Queretaro, Qro. México pp 377-384
23. Osorio M.J., Ibañez M.F., Delabra V.G., Situación actual de la resistencia al Fipronil en garrapatas Boophilus microplus en México (2009-2013); Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría, 2014; Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos (AMMVEB), Villahermosa, Tabasco, México, 31 de Julio al 02 de Agosto del 2014, pp 253-260
24. Perez-Cogollo LC, Rodríguez-Vivas RI, Ramírez-Cruz GT, Miller RJ. First report of the cattle tick Rhipicephalus microplus resistant to ivermectin in Mexico. Vet Parasitol. 2010 Feb 26;168(1-2):165-9. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.10.021. Epub 2009 Nov 4.
25. Reck J, Klafke GM, Webster A, Dall'Agnol B, Scheffer R, Souza UA, Corassini VB, Vargas R, dos Santos JS, Martins JR. First report of fluazuron resistance in Rhipicephalus microplus: a field tick population resistant to six classes of acaricides. Vet Parasitol. 2014 Mar 17; 201 (1-2):128-36. doi: 10.1016/j.vetpar.2014.01.012. Epub 2014 Jan 29.
26. Rodríguez-Vivas RI, Quiñones AF, Fragoso SH. Epidemiología y control de la garrapata Boophilus en México. En: Enfermedades de importancia económica en producción animal. Rodríguez-Vivas RI editor. México DF: McGraw-Hill-UADY; 2005:571-592.
27. Rosario Cruz, R., Almazán, C., Miller, R.J., Domínguez García, D.I., Hernández Ortiz, R., and de la Fuente, J. 2009. Genetic basis and impact of tick acaricide resistance. Front. Biosci. 14: 2657-2665. doi:10.2741/3403
28. Shiyao Jiang, Maia Tsikolia, Ulrich R. Bernier and Jeffrey R. Bloomquist, Mosquitocidal Activity and Mode of Action of the Isoxazoline Fluralaner (2017) Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 154; doi:10.3390/ijerph14020154
29. Soberanes, C.N., Rosario, R.C., Santamaría, V.M., and García, V.Z. 2005. General esterase activity variation in the cattle tick Boophilus microplus and its relationship with organophosphate resistance. Téc. Pecu. Méx. 43: 239-246.
30. Sutherst, R.W. 1979. El manejo de resistencia a acaricidas en la garrapata del ganado B. microplus (acari-ixodidae) en Australia. Bull. Ent. Res. (69): 519-537.

EXPRESIÓN GÉNICA DE Hco-Pgp16 ASOCIADA A LA COMPETENCIA DE SUSTRATOS EN *Haemonchus contortus* (xL_3) RESISTENTE A IVERMECTINA

*Reyes G.D.E., López A.M.E., Maza L.J., Camas, P.R., Alonso D.M.A., Alonso M.R.A., Mendoza dG.P.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar el análisis de expresión génica de Hco-pgp-16 a partir de larvas en transición (xL_3) de *H. contortus* resistente a ivermectina (IVM), las cuales fueron expuestas a ivermectina (IVM), verapamil (VER) y una dispersión de curcumina (CUR) en ensayos *in vitro*, así como también con sus respectivas combinaciones (VER/IVM y CUR/IVM). Los ensayos *in vitro* para del efecto letal de IVM, CUR y VER; y su efecto combinatorio IVM/CUR e IVM/VER sobre xL_3 de *H. contortus,* mostró un porcentaje de mortalidad del 37% para CUR y VER (controles) a 0.078 mg/mL. En las concentraciones de IVM evaluadas, se observaron porcentajes de mortalidad larvaria entre el 40 y 45%. Con respecto a la combinación entre CUR/IVM, se determinó entre el 41 y 50% de mortalidad, obteniendo el mayor porcentaje en la concentración de 1.25 mg/mL de IVM ($p \leq 0.05$). En la combinación entre VER/IVM, también se observó un aumento de la mortalidad de xL_3 (entre el 44 y 51%), mostrando diferencias significativas a la misma concentración de IVM ($p \leq 0.05$). El análisis de expresión relativa de Hco-pgp-16 se llevó a cabo en *H. contortus* xL_3 tratadas con IVM, VER y CUR, y de xL_3 expuestas con las combinaciones de CUR/IVM y VER/IVM con 1.25 mg/mL. Se observó disminución de la expresión de Hco-pgp-16 en los tratamientos con IVM, CUR/IVM y VER/IVM, obteniendo valores de expresión de 0.09, 0.08 y 0.14 veces menos respectivamente, en comparación con el grupo control y genes constitutivos. Interesantemente, estos resultados muestran la posible función del gen P-gp 16 en la asociación con la resistencia a IVM en *H. contortus,* sugiriéndolo como un posible marcador molecular para contribuir en el estudio de los mecanismos de resistencia antihelmíntica y conservar la efectividad toxica de los fármacos antihelmínticos, como la IVM.

INTRODUCCIÓN

El ganado (rumiantes domésticos) bajo condiciones de pastoreo se encuentra expuesto a nematodos gastrointestinales (ngi), los cuales pueden ocasionar daños severos en la salud y potencial zootécnico de los animales, principalmente en los pequeños rumiantes. La especie *Haemonchus contortus* es el nematodo de mayor importancia pecuaria en regiones tropicales, alojándose en el abomaso de los rumiantes y debido a sus hábitos hematófagos e histiófagos genera anemia y retraso en el crecimiento, provocando incluso la muerte de los rumiantes jóvenes. El principal método de control disponible para el control de los ngi son los fármacos antihelmínticos (AH), los cuales son suministrados de forma inadecuada. Sin embargo, la exposición constante de los ngi a los AH, ha generado resistencia antihelmíntica (RA) en estos, dificultando su control en condiciones de campo y provocando pérdidas económicas importantes en la producción ganadera. Por ejemplo, en las lactonas macrocíclicas (LM) como la ivermectina (IVM), los genes codificantes de las proteínas transportadoras P-glicoproteínas (Pgp) se han asociado con el desarrollo de RA, debido a su aumento en sus niveles de expresión relativa en poblaciones de *H. contortus* resistentes al fármaco bajo condiciones de campo (Godoy et al., 2015; Reyes-Guerrero et al., 2020) sin embargo, diferentes mecanismos genéticos están involucrados en la adaptación de los NGI a la IVM, haciendo que la

* *Reyes Guerrero David Emanuel. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. de.reyes.guerrero@hotmail.com; reyes.david@inifap.gob.mx 01 (55) 5538718700. Autor de correspondencia: López Arellano Ma. Eugenia. lopez.mariaeugenia@inifap.gob.mx

resistencia a este fármaco sea más compleja, se herede y disperse en diferentes poblaciones de nematodos en campo (Whittaker et al., 2016).

Por lo anterior, el estudio de genes codificantes y proteínas como marcadores asociados a RA, se han propuesto para identificar poblaciones de ngi resistentes a AH y contribuir al desarrollo de estrategias alternativas para el control de los mismos, preservando la toxicidad de los productos químicos antihelmínticos. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue realizar el análisis de expresión génica de Hco-pgp-16 a partir de larvas en transición (xL_3) de *H. contortus* resistente a ivermectina (IVM), las cuales fueron expuestas a ivermectina (IVM), verapamil (VER) y una dispersión de curcumina (CUR) en ensayos *in vitro*, así como también con sus respectivas combinaciones (VER/IVM y CUR/IVM), esto con la finalidad de evaluar la competencia de sustratos para Hco-pgp16 en *H. contortus* resistente a IVM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización:

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Helmintología, correspondiente al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Jiutepec, Morelos.

Obtención de larvas infectantes de H. contortus:

Germoplasma referencia del nematodo parásito *H. contortus*, mantenido en el laboratorio de Helmintología del CENID-SAI, INIFAP fue usado en el presente estudio, previamente caracterizado como resistente a IVM en campo por González-Garduño et al., (2012) y en laboratorio mediante pruebas *in vitro* por Reyes-Guerrero et al., (2020). Para la obtención de larvas infectantes (L_3) de la cepa resistente a IVM se realizaron coprocultivos de animales donadores. El coprocultivo se realizó con la maceración de heces frescas en un recipiente de plástico, mezclándose con hule espuma y agua, hasta formar un sustrato homogéneo. El recipiente de plástico con el coprocultivo fue cubierto con papel aluminio con un orificio sellado con manta de cielo, esto con el objetivo de permitir aireación. Asimismo, cada tercer día los coprocultivos fueron removidos homogéneamente para permitir oxigenación. Se mantuvo en un espacio fresco a temperatura ambiente durante 7 días aproximadamente, permitiendo la evolución de huevo a L_3. Posterior a los siete días, la obtención de L_3 se realizó mediante la técnica de migración larvaria utilizando el embudo de Baerman (Cedillo-Borda et al., 2020).

Desarrollo in vitro de H. contortus xL_3:

Larvas del tercer estadio de *H. contortus* sin vaina fueron descontaminadas mediante incubación con buffer de fosfatos, PBS pH 7.4 suplementado con 1% de antibiótico-antimicótico 100X (Gibco, USA) a 37°C a 20 rpm durante toda la noche. Finalmente, el desarrollo de xL_3 se realizó en frascos de cultivo con medio Hank´s Balanced Salts Without sodium bicarbonate (SigmaAldrich®, St. Missouri, USA) suplementado con 1% de antibiótico-antimicótico y 0.02% de eritrocitos de ovino. Las larvas fueron incubadas durante un lapso de 21 días a 37°C con 5% de atmosfera de CO_2 (Maza-Lopez et al., 2021).

Ensayos in vitro de competencia de sustratos en H. contortus xL_3:

Se llevaron a cabo ensayos *in vitro* con la finalidad de evaluar el efecto letal de IVM, curcumina (CUR) y clorhidrato de verapamilo (verapamil, VER); y su efecto competitivo-combinatorio IVM/CUR e IVM/VER sobre xL_3 de *H. contortus* desarrolladas *in vitro*. IVM, grado analítico fue usada en seis diferentes concentraciones (0.078, 0.1562, 0.3125, 0.625, 1.00 y 1.25 mg/mL) preparadas a partir de una solución stock de 10 mg/mL, siguiendo la metodología por Reyes-Guerrero et al., (2020) y Cedillo-Borda et al., (2020). Asimismo, una dispersión de CUR y VER grado analítico, fueron utilizados a una concentración de 0.078 mg/mL, a partir de la solución stock de 2.5 mg/mL y 20 mg/mL, respectivamente. Cada concentración de IVM bajo estudio, fue combinada con la

concentración de 0.078 mg/mL de CUR y VER, según fue el caso. Además, se evaluó cada concentración de IVM sin combinación. La concentración de CUR y VER también fue evaluada sin combinación alguna como controles. Se realizaron tres replicas para cada tratamiento a un intervalo de tiempo de 48 horas, usando placas de microtitulación de 96 pocillos. A cado pozo se agregaron 100 larvas xL_3 en un volumen total de 100 µL. Se incubaron las placas a una temperatura de aproximadamente 25-30°C durante 48 horas. Posteriormente, al finalizar el lapso de incubación, se realizó el conteo de larvas muertas y vivas de cada pozo, haciendo uso de un microscopio óptico. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con un análisis bifactorial de varianza a través de un diseño completamente aleatorio. Las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5% (p= 0.05) (SAS, versión 8.0, USA).

Análisis de expresión Relativa de genes P-gp de H. contortus (xL_3)

La extracción de RNA se realizó a partir de 10,000 xL_3, utilizadas en los tratamientos de IVM y combinaciones de IVM/CUR e IVM/VER, únicamente a la concentración de 1.25 mg/mL, citada anteriormente. Las larvas fueron llevadas a disrupción con solución comercial monofásica de isotiocianato de fenol y guanidina, utilizando el homogeneizador BeadBug®. El RNA se purificó con cloroformo e isopropanol, precipitándolo con etanol al 75%. Posteriormente, se realizó la síntesis de cDNA por triplicado mediante kit comercial a partir de 300 ng de RNA total extraído por cada muestra.

Se realizaron reacciones de qPCR utilizando los genes Hco-p*gp16* y *GAPDH* y Beta-*tubulina* como constitutivos. El análisis de expresión relativa del gen Hco-p*gp16* se calculó con el método ΔΔCt con base al valor del ciclo umbral (Ct) por gen. El análisis de datos fue realizado en la plataforma web GeneGlobe Data Analysis Center de Qiagen® (https://geneglobe.qiagen.com/us/analyze/). Los genes GAPDH y β-tubulina fueron utilizados como genes de referencia y larvas xL_3 sin tratamiento fueron utilizadas como el grupo control para el análisis de expresión relativa. En dicha plataforma, los valores de las réplicas de los ΔΔCt (2^(-Delta Ct)) de cada gen tanto del grupo control (xL_3 sin tratamiento) y del grupo a comparar (xL3 tratadas) fueron analizados automáticamente mediante una prueba de t-Student para la comparación de medias a un nivel de significación de 0.05%.

RESULTADOS

Ensayos in vitro de competencia de sustratos en H. contortus xL_3

Los ensayos *in vitro* para evaluar el efecto letal de IVM, CUR y VER; y su efecto competitivo-combinatorio IVM/CUR e IVM/VER sobre xL_3 de *H. contortus* mostraron lo siguiente: Se obtuvo un porcentaje de mortalidad de xL_3 del 37% únicamente por la exposición de CUR y VER (controles) a la concentración de 0.078 mg/mL. En contraste, en las diferentes concentraciones de IVM, se observaron porcentajes de mortalidad larvaria entre un rango del 40 al 45%, obteniendo la mayor mortalidad en la concentración de 0.1562 mg/mL, es decir, se obtuvo 8% de mortalidad larvaria respecto a los controles usados.

Con respecto a la combinación entre CUR/IVM, se observó un aumento de la mortalidad de xL_3 en comparación del efecto tóxico usando únicamente IVM. Los porcentajes de mortalidad larvaria de la combinación CUR/IVM se encontraron en un rango entre el 41 y 50%, obteniendo mayor porcentaje a la concentración de 1.25 mg/mL de IVM, encontrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$), respecto a las demás concentraciones y a los controles de VER y CUR.

Por otro lado, en la combinación entre VER/IVM, también se observó un aumento de la mortalidad de xL_3 en comparación con el efecto tóxico ocasionado únicamente por IVM. Los porcentajes de mortalidad larvaria, correspondientes a la combinación VER/IVM resultaron en un rango de entre el 44 y 51%, obteniendo el mayor porcentaje de mortalidad (51%) a la concentración de 1.25 mg/mL de IVM, mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$), respecto a las demás concentraciones y a los controles de VER y CUR.

Análisis de expresión relativa de gen Hco-pgp-16 de H. contortus

Se observó incremento en los niveles de expresión relativa del gen Hco-pgp-16 en xL_3 tratadas únicamente con VER, obteniendo un valor de 2.35 veces más con respecto al grupo control. En contraste, el gen Hco-pgp-16 en xL_3 tratadas con CUR mostró valores de expresión normalizada (0.85) similares a los genes constitutivos y el grupo control. Por otro lado, disminución de la expresión relativa del gen en estudio fue detectada en los tratamientos con IVM, CUR/IVM y VER/IVM, obteniendo valores de expresión de 0.09, 0.08 y 0.14 veces menos respectivamente, en comparación con el grupo control y genes constitutivos usados, GAPDH y β-tubulina.

Estos resultados, sugieren que el gen Hco-pgp-16 podría estar involucrado en los mecanismos de detoxificación antihelmíntica, debido que aquí se muestra que los valores de expresión relativa dependen de la exposición de la proteína Hco-pgp-16 a las diferentes combinaciones y competencias de sustratos, por lo que estos hallazgos podrían contribuir al desarrollo de nuevas alternativas de control que coadyuven a mantener la eficacia de los antihelmínticos hacia las parasitosis en campo.

DISCUSÓN Y CONCLUSIÓN

La resistencia a IVM en ngi involucra la participación simultanea de diversos mecanismos genéticos promovidos por la adaptación de los parásitos hacia los AH. Entre estos mecanismos, la detoxificación de compuestos xenobióticos como los AH, evitando la acción del fármaco en el sitio diana y la muerte del nematodo, es llevada a cabo por las proteínas P-gp. Estas últimas son pertenecientes a la familia de transportadores tipo ABC (Casete de unión a ATP), las cuales son asociadas a la resistencia a múltiples drogas por la hidrolisis de ATP (Laing et al., 2017; Martin et al., 2021). A este respecto, en México, estudios previos han identificado al gen Hco-pgp-16 como uno de los genes más frecuentes e identificados con incremento de la expresión relativa en diferentes poblaciones de *H. contortus* con resistencia a IVM en campo (Reyes-Guerrero et al., 2020; Bonilla-Suárez et al., 2021). En el presente estudio, la combinación de IVM/CUR y IVM/VER aumentaron la mortalidad de xL_3 de *H. contortus* resistente a IVM en comparación del efecto de los productos (IVM, CUR, y VER) evaluados por separado sobre xL_3. Asimismo, se identificó la disminución de los niveles de transcripción del gen Hco-pgp-16 en larvas xL_3 de *H. contortus* expuestas a las combinaciones entre VER/IVM y CUR/IVM. Resultados similares a este trabajo, fueron notificados por Pacheco y colaboradores (2022) en donde combinaciones de IVM con limoneno y quercetina fueron evaluadas en un aislado de *H. contortus* resistente a IVM mediante pruebas de desarrollo larvario y pruebas de motilidad en nematodos adultos, sugiriendo que estos compuestos restauran el efecto de la IVM sobre *H. contortus*. Además, también observaron una disminución de los niveles de expresión relativa del gen Hco-pgp-9 en adultos de *H. contortus* tratados con las combinaciones de IVM/VER e IVM con limoneno en comparación con los adultos tratados únicamente con IVM.

Estos resultados sugieren que tanto Hco-pgp-9 y Hco-pgp-16 (evaluada en este estudio) podrían ser modulados en su actividad transportadora por los compuestos tipo fitoquímicos como la CUR y el limoneno, permitiendo la reversión de la tolerancia a la IVM en ngi.

La asociación de la detoxificación de antihelmínticos en ngi a través de P-gp y su relación especifica con la resistencia a IVM aún no está definida, por lo que *H. contortus* es utilizado como nematodo modelo en estudios encaminados a esclarecer los mecanismos RA en ngi y proponer estrategias para el control de los mismos y la conservación de la eficacia de los fármacos (Whittaker et al., 2016; Kotze et al., 2020). A este respecto, se ha notificado que diversas moléculas fitoquímicas (ej. quercetina, curcumina, limoneno, etc) tienen el potencial de aumentar la eficacia de la IVM en *H. contortus* resistente, disminuyendo su tolerancia a la presión del AH. Esto es debido a que se sugiere que este tipo de moléculas pueden ser sustratos y moduladores de la P-gp, permitiendo la inhibición de la misma en su actividad de transporte y detoxificación de xenobióticos como la IVM (Kotze et al., 2020; Pacheco et al., 2022).

LITERATURA CITADA

Bonilla-Suárez, H. A., Olazarán-Jenkins, S., Reyes-Guerrero, D. E., Maza-Lopez, J., Olmedo-Juárez, A., Mendoza-de-Gives, P., & López-Arellano, M. E. (2022). P-glycoprotein gene expression analysis of ivermectin resistance in sheep naturally infected with *Haemonchus contortus* Análisis de expresión del gen de la P-glicoproteína en la resistencia a la ivermectina en ovinos naturalmente infectadas con *Haemonchus contortus*.

Cedillo-Borda, M., López-Arellano, M. E., & Reyes-Guerrero, D. E. (2020). In vitro assessment of ivermectin resistance and gene expression profiles of P-glycoprotein genes from Haemonchus contortus (L3). *Bio-protocol*, e3851-e3851.

Godoy P. Che H, Beech RN, Prichard RK. (2015). Characterization of *Haemonchus contorts* P-glycoprotein-16 and itsinteraction with the macrocyclic lactone anthelmintics. Molecular and Biochemical Parasitology. 204: 11-15.

González-Garduño R, Torres-Hernández G, López-Arellano ME, Mendoza-de-Gives P. (2012). Resistencia antihelmíntica de nematodos parásitos en ovinos. Revista de Geografía Agrícola. 48-49: 63-74.

Kotze, A. C., Gilleard, J. S., Doyle, S. R., & Prichard, R. K. (2020). Challenges and opportunities for the adoption of molecular diagnostics for anthelmintic resistance. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, *14*, 264-273.

Laing R, Gillan V, Devaney E. 2017. Ivermectin – Old Drug, New Tricks? Trends Parasitol. 33: 463-472.

Pacheco, P. A., Louvandini, H., Giglioti, R., Wedy, B. C. R., Ribeiro, J. C., Verissimo, C. J., Katiki, L. M. (2022). Phytochemical modulation of P-Glycoprotein and its gene expression in an ivermectin-resistant Haemonchus contortus isolate in vitro. *Veterinary parasitology*, *305*, 109713.

Reyes-Guerrero, D. E., Cedillo-Borda, M., Alonso-Morales, R. A., Alonso-Díaz, M. A., Olmedo-Juárez, A., Mendoza-de-Gives, P., & López-Arellano, M. E. (2020). Comparative study of transcription profiles of the P-glycoprotein transporters of two *Haemonchus contortus* isolates: Susceptible and resistant to ivermectin. *Molecular and biochemical parasitology*, *238*, 111281.

Whittaker, J. H., Carlson, S. A., Jones, D. E., & Brewer, M. T. (2017). Molecular mechanisms for anthelmintic resistance in strongyle nematode parasites of veterinary importance. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, *40*(2), 105-115.

PREVALENCIA DE ANAPLASMOSIS BOVINA A NIVEL NACIONAL EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS, BASADO EN RESULTADOS DIAGNÓSTICOS DEL CENAPA

- *Flores PE, Quiroz MMA y Gutiérrez OD

Resumen

La anaplasmosis es una enfermedad infecciosa que se presenta regularmente en zonas tropicales y subtropicales de México. Ocasiona grandes pérdidas por baja en la producción o por la muerte de ganado. Conocer información sobre la situación nacional de la anaplasmosis bovina es importante, para poder establecer medidas de control de la enfermedad y regular así la movilización de ganado en los diferentes estados de país. En este trabajo se hace una recopilación y un análisis estadístico de los resultados en los últimos cinco años, de las pruebas diagnósticas de referencia internacional que se realizan en el Laboratorio de Hemoparásitos del CENAPA, mediante frotis directo y prueba de ELISA indirecta, a partir de muestras de sangre y suero respectivamente, con la finalidad de conocer su prevalencia por estado de la república. A partir de las muestras analizadas durante este periodo, se encontró una prevalencia de anaplasmosis de 24.88%.

Introducción

La anaplasmosis bovina es una enfermedad de distribución mundial, de alta incidencia en el ganado nacional, principalmente en regiones tropicales y subtropicales. Se le conoce como la enfermedad de la vaca amarilla, mal del cuerno, ranilla y tristeza. El agente etiológico es la bacteria Gram negativa de la familia *Anaplasmataceae*, orden *rickettsial*, genero *Anaplasma*, especie *marginale,* así como también *A. centrale*, aunque este último suele causar infecciones benignas y no está presente en México. *Anaplasma marginale* se considera responsable de todos los brotes de enfermedad clínica. La transmisión puede ser mecánica, por insectos hematófagos como las moscas (*Haematobia irritans* y *Stomoxys calcitrans),* tábanos *(Tabanus spp.)* mosquitos (*Anopheles y Psophona spp*), fomites (agujas sucias, instrumental quirúrgico sin esterilizar, material de descorne) y por vectores como las garrapatas (*Riphicephalus (Boophilus) microplus* y *Dermacentor albipictus*) que llevan al agente en su organismo y lo transmiten por la saliva.

El cuadro clínico en la fase aguda se caracteriza por anemia, fiebre, postración, ictericia y la muerte súbita en animales mayores de 3 años. En animales con estos signos se puede identificar el microorganismo por microscopia en frotis directo, teñido con Giemsa. Otros signos clínicos incluyen la pérdida drástica de la producción de leche. Se conoce que en los animales que sobreviven disminuye la ricketsemia aunque pueden quedar como portadores asintomáticos que suelen tener recaídas constantes. No hay hemoglobinuria, lo cual puede ayudar a diferenciar esta enfermedad de la babesiosis, que a menudo es endémica en las mismas zonas.

La identificación de los animales infectados se puede realizar mediante la detección de anticuerpos específicos por la prueba serológica Ensayo de Inmunoabsorción Ligado a Enzimas (ELISA), la cual tiene alta sensibilidad. En cuadros agudos de anaplasmosis el diagnóstico se puede llevar a cabo mediante la observación directa del agente infeccioso en un frotis, identificando su presencia dentro de los eritrocitos, como cuerpos obscuros densos y

* *Carretera Federal a Cuautla No. 8534. Col. Progreso, Jiutepec, Morelos. erika.flores@senasica.gob.mx Tel 01(55)59051000 Ext. 53114.

redondeados de unos 0,3–1,0 µm de diámetro, situados en la zona marginal del eritrocito o en su proximidad.

Conocer el estatus sanitario de la enfermedad en México es muy importante, para regular el traslado de animales de zonas endémicas a zonas libres y viceversa, para así evitar la propagación de la enfermedad, ya que los animales susceptibles que son introducidos en áreas enzooticas de anaplasmosis, principalmente regiones tropicales, corren un gran riesgo de desarrollar la enfermedad.

En el país se realiza el diagnóstico directo e indirecto en el Centro Nacional de Referencia en Parasitología Animal y Tecnología Analítica, (CENAPA) en el laboratorio de Hemoparásitos, laboratorio de referencia de la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). En este laboratorio, se realiza la prueba diagnóstica de ELISA, con el uso de antígeno crudo de cuerpos iniciales de *A. marginale,* producido en el laboratorio y frotis directo en sangre, además de otras pruebas hematológicas, como biometría hemática. Al laboratorio llegan muestras de sangre y suero de bovinos provenientes de varios estados del país, lo que permite comparar cuales son los estados con mayor prevalencia de la enfermedad, basado en resultados de técnicas confiables.

Material y métodos

El presente trabajo se realizó en el Centro Nacional de Referencia en Parasitología Animal y Tecnología Analítica, en el Laboratorio de Hemoparásitos, laboratorio de referencia ante la OIE, ubicado en Jiutepec, Morelos. La compilación de resultados es de los últimos cinco años, de 2018 a 2022, a partir de muestras de sangre y suero de bovino, que llegan al Centro para diagnóstico de hemoparásitos mediante frotis directo y anticuerpos contra *Anaplasma* mediante la prueba de ELISA.

De las muestras recibidas de suero y sangre, se analizó la distribución de las frecuencias de presencia de la enfermedad según el estado de procedencia de la muestra, en los diferentes años y se determinaron los porcentajes.

Resultados

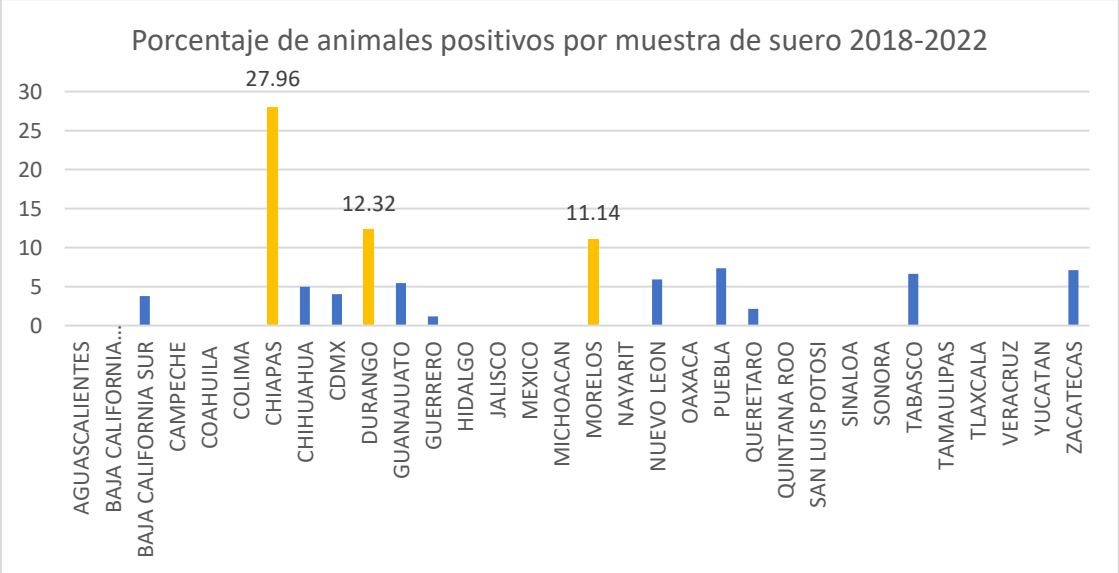
En el periodo de 2018-2022 se recibieron en el CENAPA y el Laboratorio de Referencia en Jiutepec, Morelos, 2,657 muestras para el diagnóstico de anaplasmosis, de las cuales 881 fueron de suero y 1776 de sangre, y al final se obtuvieron 661 muestras positivas. La prevalencia de la enfermedad en este periodo fue de 24.88%.

$$\text{Prevalencia de anaplasmosis} = \frac{661}{2657} * 100 = \mathbf{24.88\%}$$

Con base en estos resultados, se obtuvo la frecuencia de anaplasmosis por estado, a partir de muestras de suero de los últimos cinco años, la cual fue mayor en los estados de Chiapas, Durango y Morelos con un porcentaje de muestras positivas de 27.96%, 12.32% y 11.14% respectivamente.

Animales positivos por muestra de suero	
ESTADO	**% Total**
AGUASCALIENTES	**0**
BAJA CALIFORNIA	**0**
BAJA CALIFORNIA SUR	**3.79**
CAMPECHE	**0**
COAHUILA	**0**
COLIMA	**0**
CHIAPAS	**27.96**
CHIHUAHUA	**4.98**
CDMX	**4.03**
DURANGO	**12.32**
GUANAJUATO	**5.45**
GUERRERO	**1.18**
HIDALGO	**0**
JALISCO	**0**
MEXICO	**0**
MICHOACAN	**0**
MORELOS	**11.14**
NAYARIT	**0**

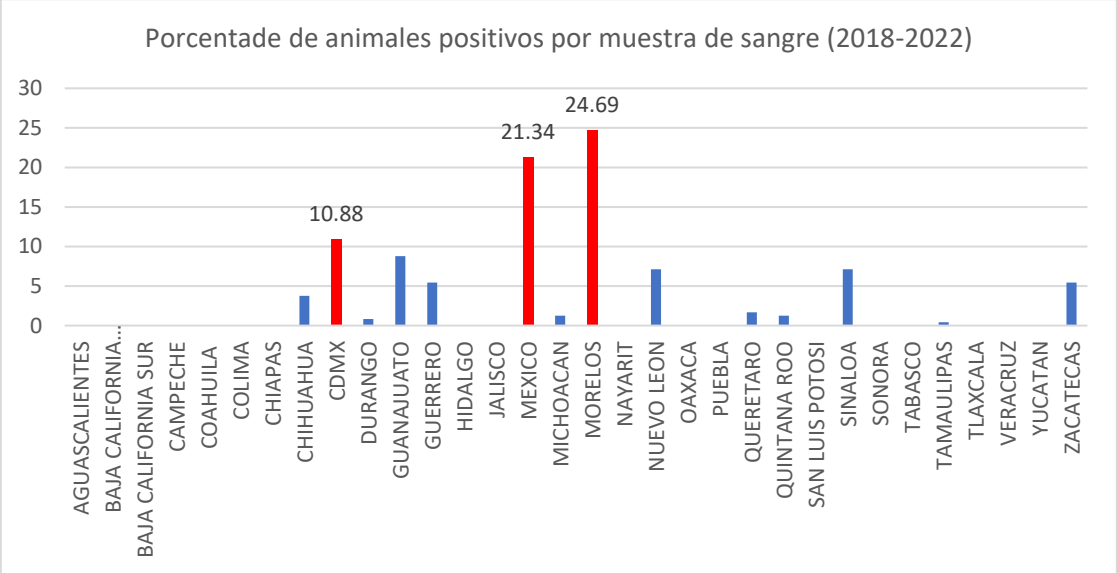
NUEVO LEON	**5.92**
OAXACA	**0**
PUEBLA	**7.35**
QUERETARO	**2.13**
QUINTANA ROO	**0**
SAN LUIS POTOSI	**0**
SINALOA	**0**
SONORA	**0**
TABASCO	**6.64**
TAMAULIPAS	**0**
TLAXCALA	**0**
VERACRUZ	**0**
YUCATAN	**0**
ZACATECAS	**7.11**



A partir de las muestras de sangre, se encontró que la frecuencia de anaplasmosis por estado de los últimos cinco años, fue mayor en los estados de Morelos, Estado de México y CDMX con un porcentaje de muestras positivas de 24.69%, 21.34% y 10.88% respectivamente.

Animales positivos por muestra de sangre	
ESTADO	**TOTAL (%)**
AGUASCALIENTES	0
BAJA CALIFORNIA NORTE	0
BAJA CALIFORNIA SUR	0
CAMPECHE	0
COAHUILA	0
COLIMA	0
CHIAPAS	0
CHIHUAHUA	3.77
CDMX	10.88
DURANGO	0.84
GUANAJUATO	8.79
GUERRERO	5.44
HIDALGO	0
JALISCO	0
MEXICO	21.34
MICHOACAN	1.26
MORELOS	24.69
NAYARIT	0
NUEVO LEON	7.11
OAXACA	0
PUEBLA	0
QUERETARO	1.67
QUINTANA ROO	1.26

SAN LUIS POTOSI	0
SINALOA	7.11
SONORA	0
TABASCO	0
TAMAULIPAS	0.42
TLAXCALA	0
VERACRUZ	0
YUCATAN	0
ZACATECAS	5.44



Finalmente, la frecuencia de anaplasmosis por año en todo el país, fue mayor en los años 2018 y 2019, con porcentajes del 25.26% y 37.67% respectivamente.

Año	Positivos	%
2018	**167**	**25.26**
2019	**249**	**37.67**
2020	**71**	**10.74**

2021	**58**	**8.77**
2022	**116**	**17.55**
Total	**661**	**100**

Discusión y conclusiones

A partir de los resultados encontrados, se confirma que la anaplasmosis es una enfermedad con una prevalencia importante en nuestro país. Asimismo, nos permite conocer la prevalencia por estado de esta enfermedad durante los últimos cinco años, con la finalidad de proponer medidas de control de *Anaplasma marginale*, que incluyan la regulación de la movilización de animales en el país, para evitar la diseminación den la enfermedad en zonas libres. Además, resalta la importancia de establecer medidas para el control racional de las garrapatas, ya que se conoce que son el principal transmisor de la enfermedad.

Este análisis abre las puertas para seguir con futuras investigaciones para conocer las cepas de mayor distribución en el país, así como los factores que determinan su prevalencia.

Literatura citada

Centro Nacional de Referencia en Parasitología Animal y Tecnología Analítica, (CENAPA), Laboratorio de Hemoparásitos, Jiutepec, Morelos. 2023. SENASICA.

Jiménez, O. R., Rodríguez, C, S., Rosario. C, R., Orozco, V. L., De la Fuente, J. *Anaplasma marginale*: análisis de las secuencias del fragmento variable del gen msp1α y del gen msp4 de cuatro nuevas cepas mexicanas. Téc Pecu Méx 2008;46(1):69-78

Manual Terrestre de la OIE 2015. Sección 3.4. Bovidae. Cap.3.4.1. Anaplasmosis Bovina. Pc. 1-16.

Rojas, M., Carmen Loza, R. E., Rodríguez, C, S., Figueroa, M. J., Aguilar. R. F., Lagunes, Q. RE., Morales, Á. JF., Santillán, F. MA., Socci, E. GA., Álvarez, M. JA. Antecedentes y perspectivas de algunas enfermedades prioritarias que afectan a la ganadería bovina en México. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* [online]. 2021, vol.12, suppl.3, pp.111-148. Epub 24-Ene-2022. ISSN 2448-6698.

Rodríguez, C, S. García, O. MA., Aboytes, T. R., Canto, A. R. Inmunología e inmunoprofilaxis de la anaplasmosis bovina. Ciencia Veterinaria 9 -2003 -4.

Salamanca, C. A. Tamasaukas, R., Giraldo, Forero, JC., Darío, Quintero, A., Milena Esney, H. M. 2020.Peru. Valoración de las relaciones de rickettsemia de *Anaplasma marginale* con factores agroecológicos y productivos en bovinos doble propósito en sabanas inundables del Arauca, Colombia. Rev Inv Vet Perú 2020; 31(3): e16134.

Salinas, E, E., Ortega, H. G., Flores, P. E., Montenegro, C. N., Preciado, de la T. J., Rodríguez, C, S. 2022. México. Antigen production and standardization of an in-house indirect ELISA for detection of *Anaplasma marginale* antibodies. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2022;13(4):1079-1094.

Salinas, E, E., Preciado, de la T. J., Rodríguez, C, S., Cobaxin, C. M., Amaro, E. I., Quiroz, C. RE. 2019. México. Esplenectomía experimental en bovinos como apoyo en el estudio de *Anaplasma marginale.* Folleto técnico No. 20. 1ra edición, INIFAP. Pc: 1-10.

Farmacología aplicada

FARMACOCINÉTICA SÉRICA Y CONCENTRACIONES EN LECHE DE TRES PREPARADOS DE ENROFLOXACINA CON PROMOTORES DE LA BIODISPONIBILIDAD

*Aquino D.I.F., Román B.M.E., Diaz R.M.A.

Resumen

La enrofloxacina (Enro), es uno de los antibacterianos de mayor uso en rumiantes, existe poca información sobre su farmacocinética y biodisponibilidad en caprinos. La tendencia actual en el área farmacológica es el rediseño de fármacos ya existentes, para que cubran adecuadamente los perfiles de farmacocinética/farmacodinamia (PK/PD), logrando así una mayor efectividad clínica y evitando el desarrollo de cepas resistentes. En el desarrollo de este trabajo se evaluó la farmacocinética sérica de enrofloxacina y sus concentraciones en leche al momento del ordeño (dos ordeños por día) de dos preparados con ciclodextrinas (CD) β y γ. Se utilizaron 18 cabras en etapa de lactación divididas en 3 grupos: grupo A: Enro + CD β; Grupo B: Enro + CD γ y Grupo C: un preparado comercial de larga acción (LA) sin CD, como comparativo. Las concentraciones séricas y en leche de la enrofloxacina se determinaron por un método microbiológico de actividad/concentración. El grupo C obtuvo la mayor concentración plasmática de 3.79 µg/mL los grupos A y B lograron concentraciones de 1.53 µg/mL y 2.48 µg/mL respectivamente. Las concentraciones en leche fueron de 3.51 µg/mL, 2.67 µg/mL y 1.22 µg/mLpara cada uno de los grupos. Los tres grupos mantuvieron concentraciones en leche durante los dos primeros ordeños. Los preparados diseñados lograron concentraciones terapéuticas para bacterias sensibles durante 24 h.

Introducción

La enrofloxacina [1-(ciclopropilo)-7-(etilo-1-piperazinilo)-6-fluoro-1,4-dihidro-4-oxo-3-ácido quinolincarboxílico] es una fluoroquinolona de tercera generación con capacidad bactericida de amplio espectro, excelente contra bacterias Gram negativo y bueno contra algunas bacterias Grampositivo y micoplasmas pero no tiene efecto contra anaerobios.

Se ha determinado el comportamiento farmacocinético de la enrofloxacina en rumiantes, cerdos, conejos, gatos, pollos pavos y perros. En todas estas especies, la enrofloxacina ha demostrado buena absorción y biodisponibilidad tras la administración oral y parenteral, con las predecibles variaciones farmacocinéticas entre especies.

Los estudios farmacocinéticos han demostrado que las concentraciones de enrofloxacina en el suero y en los tejidos se encuentran muy por arriba de los CMI de la mayoría de los microorganismos Gramnegativas sensibles, validando así su eficacia.

Entre sus indicaciones destacan las infecciones bacterianas respiratorias y pulmonares, infecciones en piel, urinarias, digestivas, otitis y para micoplasmosis en rumiantes, aves y cerdos. Es parcialmente metabolizada en el hígado convirtiéndose principalmente en ciprofloxacina con la cual se ha demostrado tanto in vivo como in vitro un efecto sinérgico.

A pesar de su amplio uso terapéutico, hay poca información disponible sobre la farmacocinética y biodisponibilidad de enrofloxacina en ovinos y caprinos y su distribución a diversos órganos y tejidos,

* Itzcoatl Felipe Aquino Díaz. Amapolas mz 8 Lt 9, Col Mirador 1, del Tlalpan, CP. 14748. aquino@fmvz.unam.mx, 5554968013. Modalidad: Cartel. Area: Farmacología.

estudios han demostrado que existen grandes diferencias de este antibacteriano entre especies, aún entre ovejas y cabras que son considerados como especies estrechamente relacionadas.

Relación Farmacocinética/farmacodinamia (PK/PD)

En cualquier terapia antibacteriana es importante el conocimiento del patógeno implicado y el sitio de infección, ya que esto permitirá tomar una decisión terapéutica y nos servirá de apoyo para prevenir reinfecciones. El profesional encargado de aplicar los medicamentos requiere conocer una serie de datos que le permitirán hacer un uso racional de los antibacterianos, y en ese sentido es de suma importancia la relación farmacocinética- farmacodinamia (PK/PD).

Los perfiles de actividad antimicrobiana durante un tiempo determinado establecen los regímenes de dosificación, los efectos de las concentraciones sobre la actividad antibacteriana y la magnitud de los tiempos de persistencia del efecto junto con la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB) proporcionan una descripción del tiempo de actividad antibacteriana de una familia antibiótica. Dependiendo de estos perfiles y de la actividad bactericida o bacteriostática se han descrito dos modelos de acción de los antimicrobianos: aquellos que son concentración dependiente (su acción se relaciona a la concentración plasmática) y aquellos que son tiempo dependiente (su acción se relaciona al tiempo en que ellos están presentes en concentraciones superiores a la CMI).

A las fluoroquinolonas, incluyendo a la enrofloxacina se les considera antibacterianos dependientes de la concentración que logra el fármaco en el sitio de acción de preferencia en amplio rango de concentraciones de 10 a 12 veces la CMI. A mayor concentración del antibacteriano mayor tasa y extensión de la actividad bactericida, estos parámetros se subdividen en:

- La efectividad depende de la relación entre la concentración máxima alcanzada por el antibiótico y la CMI del microorganismo que se está tratando (C_{max}/CMI)

Relación C_{max}/CMI para:

Bacterias Gram positivas = 8 a 10 veces

Bacterias Gram negativas = > de 10 veces

- La efectividad depende del área bajo la curva (AUC) sobre la CMI del microorganismo que se está tratando. Es importante en fármacos con vida media larga o en antibacterianos con diseño de larga acción (LA).

Relación AUC/CMI para:

Bacterias Gram positivas > 100 – 125

Bacterias Gram negativas > 30 – 50

Se ha encontrado que AUC/CMI < 125 se puede obtener una efectividad clínica de 42% y microbiológica de 26%, y cuando la relación AUC/CMI >125 la respuesta fue de un 80% y la microbiológica de 82%. Dado todo lo anterior para obtener una efectividad terapéutica de la enrofloxacina se debe lograr una C_{max} en los sitios de infección de 10 a 12 veces la CMI y/o un valor de AUC/CMI en plasma superior a 125.

Enrofloxacina en leche

Uno de los principales usos de la enrofloxacina en la industria pecuaria y que está encaminado principalmente a rumiantes, es en el control de la mastitis, que es considerada como la enfermedad más importante de la industria lechera a nivel mundial.

Las cabras lecheras son menos propensas a sufrir de mastitis que las vacas lecheras. En casos de mastitis de origen bacteriano en cabras se han identificado como agentes causales a: *Staphylococcus aureus*, *Echerichia coli*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Enterobacter aerogenes* y *Mycoplasma* sp.

Se ha reportado que la CMI de enrofloxacina, para *Pasteurella multocida* y *Staphylococcus aureus* es de 0,05 y 0,25 µg/ml, respectivamente y para patógenos como *Yersinia* sp., *Escherichia coli*, *Haemophilus somnus*, *Moraxella bovis* y *Salmonella* sp. son de 0,008 a 0,06 µg/mL. Dado todo lo anterior y considerando la relación PK/PD de la enrofloxacina, para obtener una mayor actividad de enrofloxacina en leche se debe lograr una C_{max} de 3 µg/mL en el caso de que se encuentren implicadas bacterias con una MIC de 0.25 µg/mL y de 0.72 µg/mL en bacterias con MIC de 0.06 µg/mL o inferiores. En estudios realizados en bovinos se ha encontrado que a dosis de 5 mg/kg de enrofloxacina (producto original) vía IM se logran concentraciones de 2.0-3.0 µg/ml, con las cuales teóricamente se lograría una actividad terapéutica correcta, sin embargo se sabe que la eficacia de la enrofloxacina es afectada por la presencia de leche hasta en un 70% dado lo cual su actividad terapéutica se ve disminuida.[9] Además hay datos que sugieren la existencia de grandes variaciones en concentraciones séricas de enrofloxacina no bioequivalentes.

En el presente estudio se evaluó la distribución de enrofloxacina a suero y leche de cabras con promotores de la biodisponibilidad. Los promotores de la biodisponibilidad elegidos fueron las ciclodextrinas (β y γ). Estos compuestos son carbohidratos cíclicos formados por glucosa unidas mediante enlaces α-(1,4) glucosídicos. Las ciclodextrinas (CD) presentan forma toroidal cuya cavidad muestra propiedades hidrofóbicas sus bordes exteriores son hidrofílicos. Una de sus propiedades más relevantes es su habilidad para formar complejos de inclusión con una extensa variedad de moléculas, en medio sólido, líquido y con algunos gases, el complejo de inclusión entrampa una o más moléculas huésped incluyéndolas en la cavidad de esta, sin tener lugar enlaces covalentes entre ambos. Las ciclodextrinas se utilizan como acarreadores de fármacos ya que mejorar algunas propiedades físicas de las moléculas incluidas, tales como la irritabilidad, la inestabilidad del fármaco y la solubilidad. Cuenta con diferentes tamaños de cavidades para albergar moléculas de diferente tamaño. La promoción de la biodisponibilidad es debido a que la ciclodextrina afecta el equilibrio del fármaco ionizado y no ionizado ya que el fármaco complejado en la ciclodextrina es capaz de penetrar las barreras lipofílicas para posteriormente ser liberado y entrar en la circulación sistémica. Así mismo reducen la irritación local debido al encapsulamiento que hace la ciclodextrina a la molecular del fármaco en su cavidad lo cual prevenir el contacto directo del medicamento con superficies biológicas, así la irritación local disminuye sin afectar los tejidos adyacentes.

Material y Métodos

Animales.

Se utilizaron 18 cabras en etapa lactacional en edades que fluctúan de 2 a 4 años, con un peso entre 50 - 55 Kg. Estos animales pertenecen a CEPIPSA (Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal [Avenida Cruz Blanca No. 486, en San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, C.P. 14500 México, D.F.]).

No se requirió de condiciones especiales de alojamiento o alimentación para el desarrollo de esta investigación ya que se mantuvieron las mismas condiciones en las que viven los animales. El alojamiento y la dieta de los animales fueron supervisados por el personal del

centro.36Dosificación. Se utilizaron 2 preparados de enrofloxacina con ciclodextrinas y un preparado de larga acción (LA) como comparativo: Grupo A: enrofloxacina 10% + β-ciclodextrina 2%. Grupo B: enrofloxacina 10% + γ-ciclodextrina 2%. Grupo C: enrofloxacina 10% LA (Producto comerciaal, enrofloxacina 10% LA).

Se lotificaron a los animales en tres grupos de 6 cabras cada uno. Los tres grupos fueron dosificados en el mismo sitio a 10 mg/kg por vía SC, en la región pos-escapular. Todos los animales fueron pesados y dosificados individualmente. Muestreo. Se tomó el tiempo de dosificación de cada animal individualmente, las muestras se obtubieron por medio de tubos vacutainer directamente en la yugular, los tiempos de sangrado fueron: 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 24 y 48 horas.

Las muestras de leche se colectaron a las 6, 12, 24 y 48 hrs.36Las muestras de sangre se centrifugaron para separar el suero. Este último se congeló y etiquetó en tubos Eppendorf hasta el momento de su análisis.

Procesamiento de las muestras.

Las concentraciones séricas y en leche de la enrofloxacina se determinaron por un método microbiológico de actividad/concentración propuesto por Bennet et al (1966) usando *Escherichia coli* ATCC 25922 como microorganismo testigo. Los halos de inhibición se midieron por medio de un Vernier digital. La regresión lineal obtenida tuvo un coeficiente de correlación de 0.980 utilizando el software de Origin 6.0. El error intra e interensayo fueron de 4% y 3.5%, respectivamente. Se utilizó el programa PKAnalyst (Micromath Scientific Software) para obtener las variables farmacocinéticas de las curvas de concentración vs. tiempo tanto para suero como para leche.

Las variables obtenidas fueron: AUC = area bajo la curva; AUMC = area bajo la curva en un momento dado; AUCT= area bajo la curva calculada por método trapezoidal; Kel = constante de eliminación; Cmax = concentración sérica máxima; Tmax = tiempo al que se logra la concentración sérica máxima; TR= tiempo de retención. Se obtuvieron los promedios y desviaciones estándar para cada uno de los grupos y de las variables farmacocinéticas evaluadas. Para la evaluación estadística de las variables farmacocinéticas entre grupos se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) y la prueba de Bonferroni, t test.

Resultados

En el cuadro 1 se presentan los promedios ± 1 DE de las variables farmacocinéticas para cada grupo, diferentes literales entre filas denotan diferencias estadísticas en las variables farmacocinéticas por grupo y la relacion PK/PD obtenida de los tres preparados de enrofloxacina.}}

Cuadro 1

Promedio ± 1DE de las variables farmacocinéticas de las concentraciones séricas de enrofloxacina en cabras a razón de 10 mg/Kg. Grupo A: enrofloxacina + β-ciclodextrina al 2% de inclusión; Grupo B: enrofloxacina + γ-ciclodextrina al 2% de inclusión; Grupo C: enrofloxacina 10% LA (Producto comercial, enrofloxacina 10% LA).

Variables	Grupo A	Grupo B	Grupo C
AUC	11,18±0.738 [a]	16,73±0.927 [a,b]	33,33±1.515 [b]
AUMC	60,87±4.614 [a]	84,15±4.829 [a]	252,59±16.129 [b]

AUC_T	17,33±1.315 [a]	19,29±1.023 [a]	29,63±0.984 [a]
K_{el}	1,82±0,207 [a]	1,74±0.173 [a]	2,53±0.661 [b]
C_{max}	1,52±0,861 [a]	2,46±0.132 [a,b]	3,40±0.123 [b]
T_{max}	2,63±0,299 [a]	2,51±0.250 [a]	3,66±0.954 [b]
TR	5,25±0,599 [a]	5,03±0.500 [a]	7,31±0.190 [b]
Relación PK/PD de enrofloxacina			
AUC/CMI bacterias sensibles (MIC 0.06 µg/mL)	186.33 ≥ 125 si	287.83 ≥ 125 si	555.5 ≥ 125 si
AUC/CMI bacterias medianamente sensibles (MIC 0.25 µg/mL)	44.72 ≥ 125 no	66.92 ≥ 125 no	133.32 ≥ 125 si
CMI*12 comparando C_{max} bacterias sensibles (MIC 0.06 µg/mL)	0.72 necesario si	0.72 necesario si	0.72 necesario si
CMI*12 comparando C_{max} bacterias medianamente sensibles (MIC 0.25 µg/mL)	3 necesario no	3 necesario no	3 necesario si

AUC = área bajo la curva; AUMC = área bajo la curva en un momento dado; $AUC_{T= area}$ bajo la curva calculada por método trapezoidal; K_{el} = constante de eliminación; C_{max} = concentración sérica máxima; T_{max} = tiempo al que se logra la concentración sérica máxima; TR= tiempo de retención.

La relación C_{max}/CMI que deben alcanzar para bacterias sensibles es de 0.06 µg/mL multiplicado por 12 (0.72 µg/mL), y para bacterias medianamente sensibles deben alcanzar una concentración de 0.25 µg/mL multiplicado por 12 (3 µg/mL). En la figura 1 se muestra una comparación de las curvas obtenidas mediante el método microbiológico de Bennet et al (1966) en suero, de los tres preparados de enrofloxacina. En la figura 4 se presenta la concentración en leche de los tres preparados de enrofloxacina.

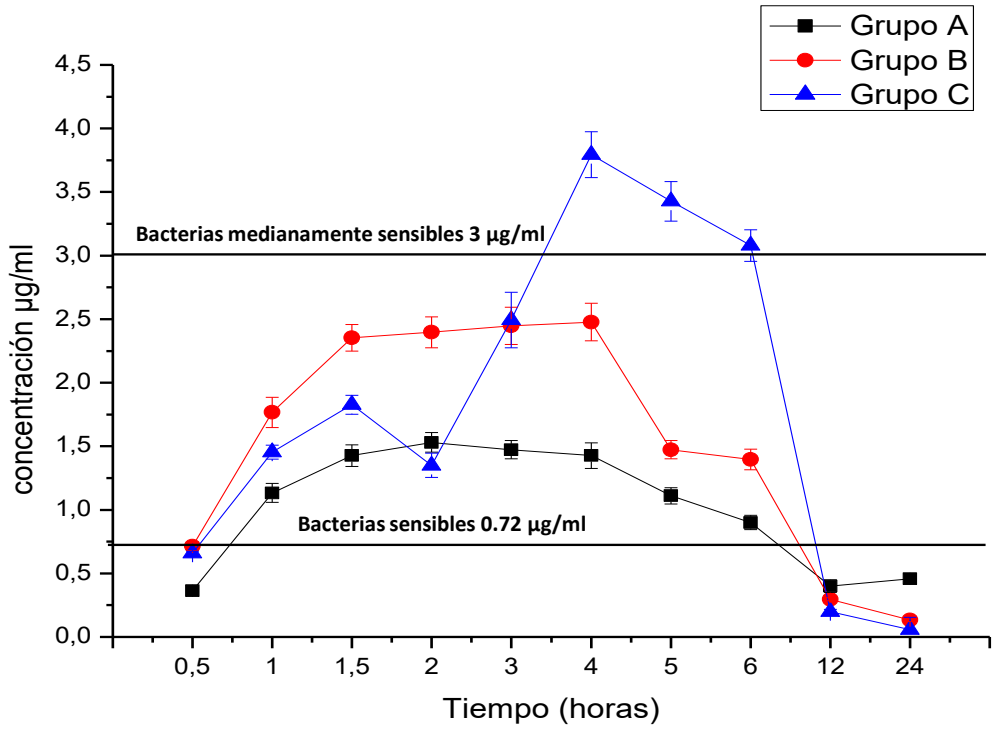


Figura 1. Perfiles séricos promedio ± DE de las concentraciones compuestas de la enrofloxacina/ciprofloxacina posteriores a la administración de 10 mg/Kg. de los siguientes preparados: grupo A: enrofloxacina + β-ciclodextrina al 2% de inclusión; grupo B: enrofloxacina + γ-ciclodextrina al 2% de inclusión; grupo C: enrofloxacina 10% LA (Producto comercial, enrofloxacina 10% LA).

Discusión y Conclusiones

La metodología analítica elegida puede definirse como cualitativa/cuantitativa pues permite la cuantificación numérica basada en la actividad antimicrobiana y no solamente en la presencia química del principio activo, como ocurre con la cromatografía liquida de alta resolución (HPLC). En el caso particular de la enrofloxacina se está cuantificando adicionalmente la actividad conjunta-sinérgica que tiene con la ciprofloxacina. De tal suerte que en cierta manera se está sobreestimando la cantidad neta de enrofloxacina en leche y suero. Sin embargo de acuerdo con Küng et al. 1983 existe una elevada confiabilidad analítica en el ensayo por comparación al HPLC. Considerando lo anterior es factible considerar estos resultados como confiables y al mismo tiempo permiten una rápida referencia a la relación PK/PD para un patógeno determinado.

En la terapia antibacteriana es de suma importancia el conocimiento del patógeno implicado y el sitio de infección, lo cual no solamente facilita la decisión terapéutica, sino que además, puede proporcionar una guía para prevenir reinfecciones. También es importante considerar que algunas infecciones bacterianas son secundarias a otras patogenias, lo que implica que la causa puede ser el alimento, el agua, la presencia de plagas como ratas, ratones, insectos nocivos etc., o incluso la presencia de otros animales de compañía. Por tal motivo, el Médico Veterinario encargado de aplicar los medicamentos a los animales requiere conocer una serie de datos para el uso racional de antibacterianos, siendo de suma importancia la relación PK/PD, con base en la relación PK/PD se ha dividido a los antibacterianos en: 1) dependientes de la estancia (tiempo dependiente), y 2) los dependientes de la concentración.22 En otras palabras, para lograr una eficacia óptima, respecto al primer punto, se requieren lograr concentraciones plasmáticas del medicamento hasta 2 a 4 veces por arriba de la concentración mínima inhibitoria (CMI), durante todo el intervalo de dosificación.

En contraste los antimicrobianos dependientes de la concentración alcanzan su máxima eficacia clínica cuando las concentraciones pico o Cmax es por lo menos de 8 a 10 veces el valor de CMI para los aminoglicósidos, y 10 a 12 veces para las fluoroquinolonas. En el caso de las fluoroquinolonas, adicionalmente se ha asignado que la relación del área bajo la curva (AUC), dividido entre la CMI del patógeno en cuestión, debe originar un factor superior o igual a 125 (AUC/CMI ≥125). Las fluoroquinolonas, incluyendo a la enrofloxacina son antibacterianos dependientes de la concentración que logra el fármaco en el sitio de acción. A mayor concentración del antibacteriano mayor tasa y extensión de la actividad bactericida. De acuerdo con los valores farmacocinéticos en suero obtenidos en el presente estudio, la relación AUC/CMI que presentan el grupo A y B, son mayores a 125 en el caso de bacterias sensibles con una CMI de 0.06 µg/mL, y menor a 125 en el caso de bacterias medianamente sensibles con una CMI de 0.25 µg/mL. Por lo tanto estos preparados de enrofloxacina tienen una efectividad terapéutica en bacterias sensibles.

Los valores farmacocinéticos obtenidos en suero del grupo C, presentan una relación AUC/CMI mayor a 125 en el caso de bacterias sensibles con CMI de 0.06 µg/mL y una CMI de 0.25 µg/mL para bacterias medianamente sensibles, con lo cual se puede predecir que tiene una efectividad terapéutica ante bacterias sensibles y medianamente sensibles. Al comparar 12 veces la CMI con la Cmax obtenida en cada uno de los grupos, obtenemos que los tres preparados son mayores a 0.72 µg/mL en el caso de bacterias sensibles con una CMI de 0.06 µg/mL, y solo el grupo C tiene una Cmax mayor a 3 que se requiere para tener una efectividad terapéutica en bacterias medianamente resistentes con CMI de 0.25 µg/mL. En leche, podemos observar que las concentraciones de enrofloxacina en relación a la Cmax/CMI que se presenta en el grupo A, es mayor a 0.72µg/mL en el caso de bacterias sensibles con una CMI de 0.06 µg/mL, además es mayor a 3 µg/mL en el caso de bacterias medianamente sensibles con una CMI de 0.25 µg/mL.

Podemos predecir que preparado del grupo C tiene una efectividad terapéutica ante bacterias sensibles y medianamente sensibles, cuando es liberado en leche y alcanza esta efectividad a las 6 horas de haber sido administrado el farmaco. La relación Cmax /CMI que presentan el grupo B y C, son mayores a 0.72 µg/mL en el caso de bacterias sensibles con una CMI de 0.06 µg/mL, y menor a 3 µg/mL en el caso de bacterias medianamente sensibles con una CMI de 0.25 µg/mL. Por lo tanto estos preparados de enrofloxacina tienen una efectividad terapéutica ante bacterias sensibles, a las 6 horas de haber sido administrado el farmaco y no presentan una efectividad terapeutica ante bacterias medianamente sensibles. Resumiendo, los resultados obtenidos en este ensayo indican que la adición de ciclodextrinas a preparados con enrofloxacina pueden modificar sustancialmente la biodisponibilidad del principio activo pero, la presencia de otros elementos no determinados en el preparado comercial evaluado brindan una considerable ventaja en cuanto al valor de Cmax. Finalmente cabe señalar que es posible modificar la velocidad y magnitud de la enrofloxacina inyectable y en este sentido se proponen estudios adicionales para mejorar las variables de Cmax y AUC.

Literatura citada

1. Anadón A, Martínez LMR, Díaz MJ, Bringas P, Martínez MA, Fernandez CML et al. Pharmacokinetics and residues of enrofloxacin in chickens. Am J Vet Res 1995;56:501-506.
2. Brewster ME, Sompkins JW. The potential use of ciclodextrins in parenteral formulations. J Parenter Sci Technol 1989;43:231-240. 33.- Loftsson T, Ducene D. Cyclodextrins and their pharmaceutical applications. Int J Pharm 2006.
3. Broome RL, Brooks DL, Babish JG, Copeland DD, Conzelman GM. Pharmacokinetic properties of enrofloxacin in rabbits. Am J Vet Res 1991;52:1835-1841.
4. Cinquinaa AL, Robertia P, Giannettia L, Longoa F, Draiscib R, Fagioloa A et al. Determination of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in goat milk by high-performance liquid chromatography with diode-array detection optimization and validation. J Chromatogr A 2003;987:221–226.
5. Clavijo A, MeléndezB, Clavijo M, Godoy A, Santander J. [Effect of operating system on the occurrence of mastitis in goats at two farms in Falcon state, their etiologic agents and antimicrobial resistance]. Esp. Efecto delsistema de explotación sobre la aparición de mastitis caprina en dos fincas del estado Falcón, sus agentes etiológicos y la resistencia a antimicrobianos. Zootec Trop 2002;20:383-395.
6. Concha BC. La mastitis caprina. Memorias del seminario Internacional Producción de Leche Caprina: “del establo a la mesa”; 2005 noviembre 9-11; Chillán Chile. Disponible en http://www.scribd.com/doc/2222100/Leche-Cabra-
7. Dimitrova DJ, Lashev LD, Yanev SG, Pandova B. Pharmacokinetics of enrofloxacin in turkeys. Res Vet Sci 2007;82:392–397.
8. El-Sooud KA. Influence of albendazole on the disposition kinetics and milk antimicrobial equivalent activity of enrofloxacin in lactating goats. Pharmacol Res 2003;48:389–395.
9. Elmas M, Üney K, Yazar E, Karabacak A, Tras B. Pharmacokinetics of enrofloxacin following intravenous and intramuscular administration in Angora rabbits. Res Vet Sci 2007;82:242–245
10. Elmas M, Tras B, Kaya S, Bas A, Yazar E, Yarsan E. Pharmacokinetics of enrofloxacin after intravenous and intramuscular administration in Angora goats. Can J Vet Res 2001;65:64-67.
11. Elsheikh HA, Taha AAW, Khalafallah AI, Osman IAM. Disposition kinetics of enrofloxacin (Baytril 5%) in sheep and goats following intravenous and intramuscular injection using a microbiological assay. Res Vet Sci 2002;73:125–129.
12. Escobar LL. Interacciones no covalentes analgésicos antiinflamatorios / ciclodextrinas (tesis de doctorado en ciencias químicas). Coyoacán (D.F.) México: Facultad de Quimica UNAM, 1998.
13. Haritova A, Lashev L, Pashov D. Pharmacokinetics of enrofloxacin in lactating sheep. Res Vet Sci 2003;74:241–245
14. Jacobs M. Combating resistance: application of the emerging science of pharmacokinetics and pharmacodynamics. Int J Antimicrob Ag 2007;30:122–126.
15. Kaartinen L, Salonen M, Älli L, Pyörälä S. Pharmacokinetics of enrofloxacin after single intravenous, intramuscular and subcutaneous injections in lactating cows. J Vet Pharmacol Ther 1995;18:357-362.
16. Khan AT. Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods. J Pharm Pharmaceut Sci 2002;5:205-212.
17. Khor E, Lim LY. Implantable applications of chitin and chitosan. Biomaterials 2003;24:2339-2349.
18. Leyva S, Leyva E. [Fluoroquinolones. Mechanisms of action and resistance, structure, synthesis and physico-chemical reactions important for medicinal properties]. Esp. Fluoroquinolonas. Mecanismos de acción y resistencia, estructura, síntesis y reacciones fisicoquímicas importantes para propiedades medicinales. Bol Soc Quim Mex 2008;2:1-13
19. Liu P, Müller M, Derendorf H. Rational dosing of antibiotics: the use of plasma concentrations versus tissue concentrations. Int J Antimicrob Ag 2002;19:285-/290.

20. Malbe M, Salonen M, Fang W, Ööpik T, Jalakas M, Klaassen M et al. Disposition of enrofloxacin (Baytril) into the udder after intravenous and intra arterial injections into dairy cows. J Vet Med A 1996;43:377-386.
21. Mengozzi G, Intorre L, Bertini S, Soldani G. Pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin after intravenous and intramuscular administration in sheep. Am J Vet Res. 1996;57:1040-1043
22. Monlouis JD, De Jong A, Limet A, Richez P. Plasma pharmacokinetics and urine concentrations of enrofloxacin after oral administration of enrofloxacin in dogs. J Vet Pharmacol Ther 1997;20:61-63.
23. Posyniak A, Mitrowska K. Analytical procedure for the determination of fluoroquinolones in animal muscle. Bull Vet Inst Pulawy 2008;52:427-430.
24. Rao GS, Ramesh S, Ahmad AH, Tripathi HC, Sharma LD, Malik JK. Disposition kinetics of enrofloxacin and ciprofloxacin following intravenous administration of enrofloxacin in goats. Small Rumiant Res 2002;44:9–15.
25. Rao GS, Ramesh S, Ahmadt AH, Tripathi HC, Sharmat LD, Malik JK. Pharmacokinetics of enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin in goats given enrofloxacin alone and in combination with probenecid. Vet J 2002;163:85–93.
26. Richez P, Monlouis JD, Dellac D, Daube G. Validation of a therapeutic regimen for enrofloxacin in cats on the basis of pharmacokinetic data. J Vet Pharmacol Ther 1997;20:152-153.
27. Richez P, Mörner AP, De Jong A, Monlouis JD. Plasma pharmacokinetics of parenterally administered danofloxacin and enrofloxacin in pigs. J Vet Pharmacol Ther 1997;20:41-42.
28. Sumano LH, Gutiérrez O L. [The use of enrofloxacin in poultry medicine in Mexico an overview]. Esp. Problemática del uso de la enrofloxacina en la avicultura en México. Vet Mex 2000;2:137-145.
29. Sumano LH, Ocampo CL, Gutierrez OL. Bioequivalence of 9 trade –marks of enrrofloxacin and baytril in cows. Dtsch Tierarzt Woschenscrift 2001;108:311-4.
30. Sumano LH. [Quinolones and fluoroquinolones in veterinary medicine]. Esp. Quinolonas y fluoroquinolonas en medicina veterinaria. Vet Mex 1993;24:83-92.
31. Szejtli J. Molecular entrapment and release properties of drugs by cyclodextrins. In: Controlled drug bioavailability. Smolen EVF, Ball LA, editors. New York: John-Wiley and sons, 1985:365-421.
32. Szeman J, Stadier-Szoke A, Vikmon M, Szejtli J. Stabilization of prostaciclyn and furosemide by cyclodextrins. Chem Abstracts 1988:108,392.
33. Tanaka Y, Tanioka S, Tanaka M, Tanigawa T, Kitamura Y, Minami S et al. Effects of chitin and chitosan particles on BALB/s mice by oral and parenteral administration. Biomaterials 1997;18:591-595.
34. Vento RD, Armenteros AM, Capdevila VJZ. [Characterization of clinical-epidemiological situation of bovine mastitis in first-holstein cows from a dairy specialist]. Esp. Caracterización de la situación clínico-epizootiológica de la mastitis bovina en vacas primerizas holstein de una lechería especializada. Red Vet 2008;9:1695-7504.
35. Wade A, Weller PJ, editors. Handbook of pharmaceutical excipients. 2nded. Washington: American Pharmaceutical Association,1994.

Genética

MORFOLOGÍA DE LA CABRA EN LA REGIÓN AFROMEXICANA DEL ESTADO DE GUERRERO

[*]Bautista C., M.A., Cuevas E., N.L., Guillen B., G.P. Garzón M. A., Bracamontes G., L.A., Saavedra J., L.A.

Resumen

Los caracteres morfológicos tienen son de gran interés en los animales dedicados a la producción, ya que guardan relación con parámetros como rendimientos de canal o valor económico, de esta manera, una evaluación adecuada de los caprinos en cuanto a su conformación permite implementar estrategias para incrementar la productividad. Con el objetivo de caracterizar la morfometría de las cabras de la región afromexicana en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México, se midieron 418 animales de 22 unidades de producción en el periodo octubre 2022 a mayo de 2023. Se consideraron animales mayores a 1 año de acuerdo a su cronometría dentaria, y en el caso de las hembras no se incluyeron animales gestantes. Se determinó el peso vivo, longitud y ancho de la cabeza, alzada a la cruz y a la grupa, longitud corporal y perímetro torácico, longitud y ancho de grupa. Se calcularon estadísticos descriptivos para todas las variables estudiadas, así como el coeficiente de correlación. Se realizó un análisis de varianza para comparar las medidas zoométricas entre sexos. En general, los machos presentaron valores mayores que las hembras, sin embargo, solo hubo diferencia ($p<0.05$) en las variables ancho de cara, altura a la cruz y anchura de grupa. La mayoría de características analizadas presentaron coeficientes de variación alto (>10%), esto puede ser relacionado con aquellas variables que pueden ser sujeto de mejora genética. Los coeficientes de correlación fueron positivos y significativos ($p<0.05$), se considera que los animales tienen un modelo morfoestructural altamente armónico. Se concluye que la población de cabras estudiadas constituye una población heterogénea en su morfología corporal y presenta un modelo morfoestructural altamente armónico. Existe la posibilidad de desarrollar programas de selección y mejora genética.

Introducción

La caracterización fenotípica es una manera de identificar genotipos o razas de interés como paso previo para mejorar sus aptitudes productivas o su conservación, ayudando así a crear un inventario de razas criollas o nativas (FAO, 2012). En este sentido, las medidas corporales brindan información sobre la estructura morfológica y la capacidad de desarrollo de los animales que, en conjunto determinan rasgos de funcionalidad biológica (Toro *et al*., 2010). Los caracteres morfológicos tienen un gran interés en los animales dedicados a la producción, ya que guardan relación con parámetros como rendimiento de canal o el valor económico, de esta manera, una evaluación adecuada de los caprinos en cuanto a su conformación permite implementar estrategias para incrementar la productividad (Martínez *et al*., 2013) en las condiciones ambientales en que se desarrollan.

En México, el ganado caprino se considera un recurso genético de importancia por representar una fuente de genes valiosos por su capacidad de adaptación ambiental, al grado que estos animales se distribuyen por todo el país, incluso se han desarrollado en zonas muy diversas y agreste. Derivado de esta situación, se han desarrollado diferentes estudios con el objetivo de caracterizar la morfología de las cabras, así, por ejemplo, la cabra criolla ha sido estudiada en los estados de Puebla (Hernández *et al*., 2013), Oaxaca (Fuentes-Mascorro *et al*., 2013) y Veracruz (Lozada-García *et al*.,2018), poblaciones mestizas han sido investigadas en Zacatecas (Sánchez *et al*., 2018) y Colima (Abarca-Vargas *et al*., 2020), e incluso razas puras, como la Alpina ha sido objeto de mediciones en

[*] *Bautista Candela Miguel Ángel. Carretera Acapulco – Pinotepa Nacional Km. 198. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. C.P. 41940. 18282203@uagro.mx. 9541641111.

San Luis Potosí (Gutiérrez *et al.,* 2017). Los autores señalados indican que existe variabilidad en la morfología de los animales, susceptible a ser aprovechada en programas de rescate genético, así como en planes de desarrollo productivo y reproductivo en las diferentes regiones del país.

En la región de Cuajinicuilapa, la crianza de ganado caprino es una actividad de importancia para las familias campesinas, este ganado satisface algunas de sus necesidades nutricionales básicas y aporta una fuente de empleo. Sin embargo, la mayor demanda de productos de origen animal ha obligado a incrementar la productividad de los rebaños caprinos por medio del cruzamiento con razas especializadas (Montaldo *et al*., 2010). Desafortunadamente, la falta de asistencia técnica y registros productivos limitan esta actividad en la zona, además, incrementan el riesgo de pérdida de la morfoestructura, rusticidad y adaptabilidad de las poblaciones caprinas (Revidatti et al., 2007). La implementación de programas de mejoramiento genético orientados al aumento de la productividad y a la conservación de los recursos genéticos nativos, requiere la caracterización morfológica del animal, por tanto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar la morfometría de las cabras de la región afromexicana en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en en el municipio de Cuajinicuilapa, en el estado de Guerrero, México. El municipio de Cuajinicuilapa se localiza en la región Costa Chica (Figura 1), es un municipio costero de clima cálido sub-húmedo, con temperatura entre 19 y 34 °C.

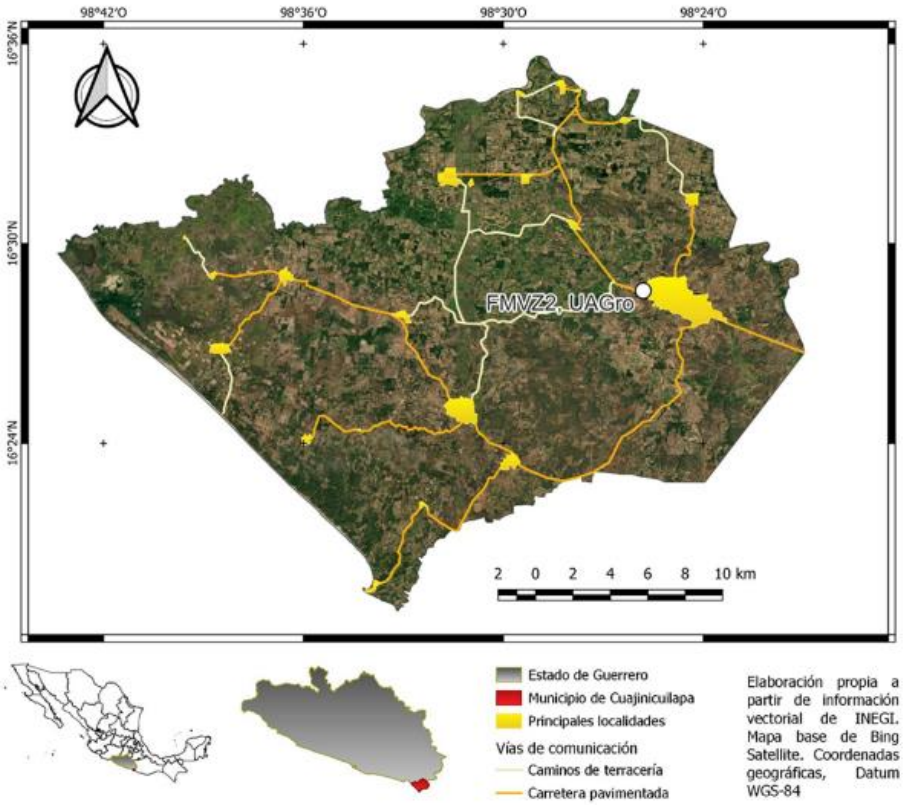


Figura 2. Localización del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

Animales y mediciones

Dado que se desconoce el número de cabras y unidades de producción ovino-caprino en la región de estudio, se realizó un muestreo no probabilístico mediante la técnica bola de nieve. Durante el periodo octubre 2022 a mayo de 2023, se realizaron mediciones en 22 unidades de producción ovino – caprino, donde se analizaron 418 animales (72 machos y 346 hembras), mayores de un año de edad, de acuerdo a su cronometría dentaria, en el caso de las hembras, solo se consideraron hembras no gestantes. De acuerdo con la metodología de Páres (2009) se determinó el peso vivo (PV) con una báscula romana de resorte con capacidad de 100 kg y una precisión de 0.5 kg. Con una cinta métrica (cm) se midió: longitud (LC) y ancho de la cabeza (AC), alzada a la cruz (ALC) y a la grupa (ALG), longitud corporal (LGC) y perímetro torácico (PT), longitud (LG) y ancho de la grupa (AG). Para la medición los animales fueron sujetados por dos personas para evitar malas posturas.

Análisis estadísticos

Para las medidas morfométricas se calcularon estadísticos descriptivos y coeficiente de variación. Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson entre todas las variables registradas. Adicionalmente, se realizó un análisis de varianza para comparar las medidas zoométricas entre sexo. Para verificar la diferencia entre los promedios se realizó la prueba de Tukey ($p<0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS (SAS, 2013).

Resultados

En el Cuadro 1 se presentan los estadísticos descriptivos y coeficiente de variación (CV, %) según el sexo de los animales. En general, los machos presentaron mayores valores promedios, hasta en 8%, en las variables registradas, con excepción de PT y AG, donde las hembras tuvieron mayor magnitud. Sin embargo, solo las variables AC, ACr, y AG mostraron diferencias significativas ($p<0.05$). Respecto al CV, como un indicador de aquellas variables que pueden ser sujeto de mejora genética, las características analizadas presentaron una alta variablilidad (> 10%), a excepción de ACr en ambos sexos cuyo CV fue entre 4 y 9%, esto indica que las distribuciones de las medidas zoométricas dentro de la población en estudio son heterogéneas.

Cuadro 2. Peso vivo (kg) y medidas corporales (cm) de cabras de la región afromexicana en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero

	Hembras				Machos			
Variable	Mín	Prom ± DE	Máx	CV (%)	Mín	Prom ± DE	Máx	CV (%)
PV	14.0	34.9 ± 8.6	67.0	24.6	15.0	36.2 ± 15.3	89.0	42.3
LC	10.0	21.7 ± 2.5	29.0	11.5	12.0	21.7 ± 3.4	32.0	15.7
AC	8.0	13.1^{b} ± 2.2	22.0	16.8	10.0	14.2^{a} ± 2.7	21.0	19.0
ACr	45.0	64.5^{b} ± 5.5	78.0	8.5	47.0	66.0^{a} ± 3.1	86.0	4.7
AGr	38.0	65.0 ± 5.8	79.0	8.9	49.0	65.8 ± 7.4	84.0	11.2
LCo	39.0	63.4 ± 10.5	109.0	16.6	42.0	63.8 ± 10.8	99.0	16.9
PT	40.0	75.7 ± 8.6	96.0	11.4	50.0	75.4 ± 12.0	104.0	16.3
LG	11.0	16.7 ± 2.6	27.0	15.6	12.0	16.9 ± 3.2	27.0	18.9
AG	8.0	15.5^{a} ± 2.3	22.0	14.8	7.0	14.8^{b} ± 3.0	22.0	20.3

Mín = Mínimo; Prom = Promedio, DE = Desviación estándar, CV = Coeficiente de variación. PV = Peso vivo, LC = Longitud de cabeza; AC = Ancho de cabeza; ACr = Altura a la cruz; AGr = Altura a la grupa; LCo = Longitud corporal; PT = Perímetro torácico; LG = Longitud de grupa; AG = Longitud de grupa.

[a, b] Medias con la misma literal por columna no son diferentes estadísticamente ($p<0.05$)

El análisis de correlación de Pearson (Cuadro 2) mostró que, tanto en machos como en hembras, todas las medidas corporales se correlacionan positivamente y significativamente ($p < 0.05$), por lo que el modelo morfoestructural en ambos sexos se puede considerar altamente armónico. En general, en machos se observaron correlaciones de mayor magnitud que en hembras. Así pues, en machos, las correlaciones de mayor magnitud (>0.8) se observaron entre PV y ALC, PV y ALG, PV

y PY, así como ALC y ALG, en tanto que, para hembras, la correlación de mayor magnitud (>0.7) solo se observó entre PV y PT.

Cuadro 3. Matriz de correlaciones entre las medidas zoométricas de cabras en la región afromexicana en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. Por arriba de la diagonal para machos (n=72), y por debajo de la diagonal para hembras (n=346)

	PV	LC	AC	ALC	ALG	LGC	PT	LG	AG
PV		0.66	0.62	0.81	0.83	0.60	0.89	0.65	0.70
LC	0.43		0.52	0.65	0.63	0.54	0.60	0.49	0.53
AC	0.33	0.39		0.56	0.54	0.46	0.50	0.41	0.48
ACr	0.56	0.36	0.39		0.82	0.63	0.79	0.59	0.65
AGr	0.56	0.36	0.30	0.65		0.57	0.79	0.55	0.64
LCo	0.42	0.35	0.16	0.31	0.34		0.55	0.36	0.49
PT	0.71	0.42	0.25	0.45	0.44	0.27		0.63	0.66
LG	0.43	0.28	0.11	0.30	0.27	0.29	0.44		0.57
AG	0.49	0.32	0.37	0.36	0.29	0.26	0.41	0.36	

PV = Peso vivo, LC = Longitud de cabeza; AC = Ancho de cabeza; ACr = Altura a la cruz; AGr = Altura a la grupa; LCo = Longitud corporal; PT = Perímetro torácico; LG = Longitud de grupa; AG = Longitud de grupa.

Discusión y conclusiones

En el municipio de Cuajinicuilapa, en el estado de Guerrero, el ganado caprino, junto con el ganado ovino, se destina a la producción de carne. La variabilidad en las medidas obtenidas puede ser atribuida a la falta de programas de selección y a la introducción de sementales de diferentes razas de características cárnicas. Sin embargo, se debe prestar mayor atención a la selección de reproductores, buscando animales compactos. Herrera y Luque (2009) proponen que, para razas cárnicas, se debe buscar animales con buena conformación y estructura ósea en las regiones del tronco y de la grupa, zonas donde se asientan los paquetes musculares de mayor peso, tamaño y de mayor valor.

Una población será más homogénea cuanto menor sea el CV para cada una de las variables estudiadas. El CV indica la cantidad de oportunidades para mejorar las razas a través de selección (Salako, 2006), por esta razón, la información fenotípica puede servir como base para diseñar estrategias de conservación, selección y cruzamiento.

La población de cabras estudiada corresponde a una población mestiza con diferente proporción racial de tipo cárnico, como Kathadin, Pelibuey y Boer, principalmente. A pesar de esto, su estructura corporal difiere de otras poblaciones mestizas en México. Por ejemplo, si comparamos la población bajo estudio contra las cabras de la región fisiográfica del Volcán de Colima (Abarca-Vargas *et al*., 2020), estas últimas son de menor tamaño en el ancho y largo de la cabeza, altura a la cruz, longitud corporal, circunferencia del pecho y longitud de la grupa, aunque la grupa de estos animales en más ancha, a pesar de que estos autores incluyeron animales de más de 2 años, es decir, animales con un mayor desarrollo. Sin embargo, si comparamos las hembras del presente estudio con las hembras evaluadas por Sánchez *et al.* (2018), las hembras de la región estudiadas en la presente investigación son de menor tamaño, evidenciando así la diferencia que existe entre las poblaciones caprinas en México.

Por otro lado, aunque no existen registros ni asistencia técnica en programas de mejora genética, los caprinocultores tienen el conocimiento básico sobre la importancia de seleccionar reproductores, al grado que, la población estudiada es de mayor tamaño que las poblaciones criollas evaluadas por Hernández *et al.* (2013) en el estado de Puebla, por Fuentes-Mascorro *et al*. (2013) en el estado de Oaxaca o por Lozada-García *et al.* (2018) en Veracruz. En estas poblaciones los autores antes mencionados señalan la heterogenidad de las poblaciones evidenciando que existe material para ser aprovechad en programas de desarrollo productivo, a partir de animales

adaptaos a las condiciones específicas del ambiente.

De acuerdo con Herrera y Luque (2009) un modelo altamente armónico significa que los ejemplares, en su morfoestructura, se parecerán entre ellos, es decir, serán similares o parecidos. En la presente investigación se presentó este modelo, dado que las medidas corporales se correlacionan positiva y significativamente (Cuadro 2). Sin embargo, este grado de armonía resulta contradictorio, ya que, de acuerdo a los mismos autores, este parecido entre animales es el resultado de la correcta aplicación de criterios de selección, situación que no se presenta en los rebaños estudiados.

En conclusión, La población de cabras estudiada constituye una población heterogénea con alta variabilidad en la morfología corporal y presenta un modelo morfoestructural altamente armónico. En el presente estudio se evidenció que, existe suficiente variación en las características estudiadas susceptible a ser aprovechada en programas de rescate genético, así como para desarrollar programas de selección y mejora genética en la zona estudiada, pero es necesario definir un objetivo de selección común.

Literatura citada

Abarca-Vargas, D., Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Valencia-Posadas, M., Ayala-Valdovinos, M. A., Hernández-Rivera, J. A. 2020. Análisis de la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México. Revista de Investigaciones Veterinaias del Perú 31:e16935

FAO. 2012. Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. 91-105 p.

Fuentes-Mascorro, G., Martínez J., M. S., Alejandre O., M. E., Chirinos, Z., Ricardi C., L. C. 2013. Zoometría y distribución de partos de la cabra Ciolla de Los Valles Centrales de Oaxaca 3: 150-154.

Gutierrez, P., Herrera, A., Romero, A., Macedo, R., Prado, O. 2017. Estudio de la morfología de cabras Alpinas Francesas primalas y su uso como predictor de la producción de leche. Actas Iberoamericanas en Conservación Animal 9:109-116.

Hernández, I. Rodríguez J., V., Romero, O., Hernández J., S., Macias, M., López, H., Herrera J., G. 2013. Morphometric characterization of Creole sheep without ear of the Sierra North state of Puebla, Mexico. International Research Journal of Biological Sciences 2:1-8.

Herrera, M., Luque, M. 2009. Valoración morfológica en el ganado caprino extensivo de carne. *En*: Sañudo AC (ed). Valoración morfológica de los animales domésticos. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 399-430.

Lozada-García, J. A., Carmona-Hernández, O., Torres-Pelayo, V. R., Fernández, M. S., López del C., M. 2018. Caracterización morfométrica de la cabra Criolla (Capra hircus) en el centro de Veracruz. Agroproductividad. Recuperado a partir de: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/699.

Martínez R.,R. D., Torres H., G., Martínez H., S. 2013. Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra Criolla del “Filo Mayor” de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero, Nova Scientia 6: 25-44.

Montaldo H., Torres-Hernández. G., Valencia-Posadas, M. 2010. Goat breeding researh in Mexico. Small Ruminant Research 89: 155-163.

Osaiyuwu, O. H., Akinyemi, M. O. Salako, A. E. 2010. Factor analysis of the morphostructure of mature Balami sheep. Research Journal of Animal Science 4: 63-65.

Parés C., P. M. 2009. Zoometría. *En*: Sañudo AC (ed). Valoración morfológica de los animales domésticos. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. p 171-198.

Revidatti, M. A., Prieto, P.N., de la Rosa, S., Ribeiro, M. N., Capellari, A. 2007. Cabras criollas de la región norte Argentina. Estudio de ivariables e índices zoométricos, Archivos de Zootecnia 56: 479-482

Salako, A. E. 2006. Application of morphological indices in the assessment of type and funtion in sheep. International Journal of Morphology 24: 13-8.

Sánchez G., R. A., Gutierrez L., R., Flores N., M de J. 2018. Caracterización morfológica de un

rebaño de conservación de cabras criollas en Zacatecas, México. Archivos de Zootecnia 67: 73-79.
SAS (2013) Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary.
Toro I., M. V., Manríquez S., G., Suazo G., I. 2010. Geometric morphometry and the biologic shapes study: from de descriptive morphology to the quantitative morphology. . International Journal of Morphology 28: 977-990.
Valencia-Posadas, M., Dobler J., Montaldo, H. 2002. Genetic trends for milk yield in a flock of Saanen goats in Mexico. Small Ruminant Research 57, 281-285.
Yakubu, A., Ibrahim, I. A. 2011. Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. Italian Journal of Animal Science 10: 83-86.

APLICACIÓN DE ALGORITMOS DE *MACHINE LEARNING* PARA LA DESCRIPCIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN EN OVEJAS

Guevara, M.L.P.[1] Castro-Espinoza F.A.[2], Lizarazo-Chaparro, A.C.[3], Salinas-Martínez, J.A.[4], Magno-Fernandes, A.[4], [*]Angeles-Hernandez, J.C.[5]

[1]Pos-graduação em ciência animal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil
[2]Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184 Pachuca,Hidalgo, Mexico.
[3]Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City 14500, Mexico
[4]Universidade Estadual do Norte Fluminense. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, Brasil.
[5]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600.

RESUMEN

Los parámetros de la curva de lactación han sido calculados utilizando modelos matemáticos empíricos y mecanísticos mediante la implementación de técnicas estadísticas tradicionales. Sin embargo, en los últimos años los algoritmos de *Machine Learning* han demostrado ser herramientas poderosas en la predicción y modelado de datos complejos. Por lo cual, el objetivo del presente estudio es evaluar la bondad de ajuste de diferentes algoritmos de *Machine Learning* y un modelo empírico tradicional para la estimación de los parámetros de la curva de lactación: producción láctea total (PLT), pico de lactación (PL) y tiempo al pico de lactación (TPL). Se utilizaron un total de 1,186 registros mensuales de 156 lactaciones de ovejas. El proceso de desarrollo de modelos involucró la capacitación y prueba de modelos utilizando algoritmos de *Machine Learning* con un conjunto de datos que constaba de 8 atributos independientes y un atributo dependiente. Los modelos fueron entrenados y validados con el método de validación cruzada de 10 particiones. Además de estos algoritmos, también se ajustaron las curvas de lactación utilizando el modelo empírico gamma incompleto de Wood. Se evaluó la bondad de ajuste por medio del coeficiente de correlación (r), el error absoluto medio (MAE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto relativo (RAE) y la raíz del error cuadrático relativo (RRSE). SMOreg fue el algoritmo con mejores estimaciones de las características de la curva de lactación ovina con valores superiores de r en comparación con el modelo de Wood (0.96 vs. 0.68) para la variable PLT. Además, SMOreg mostro los valores más bajos de MAE, RMSE, RAE y RRSE para todos los parámetros de la curva de lactación, superando la capacidad predictiva del modelo Wood. Los resultados de presenta trabajo confirman que la utilización de algoritmos de *Machine Learning* son una herramienta que permite mejorar las estimaciones de los parámetros de la curva de lactación en ovejas y maximizar el aprovechamiento de la información disponible. Sin embargo, es necesario evaluar la utilización de estos algoritmos en distintos sistemas de producción y estructuras de bases de datos.

INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades matemáticas de la curva de lactación provee información resumida de la evolución de la producción láctea, la cual está determinada por la interacción entre el medio ambiente y la eficiencia biológica del animal (Pollott and Gootwine, 2000). El análisis de la curva de lactación son una herramienta valiosa en la investigación y a nivel de hato; siendo útil en la estimación de producciones totales en lactaciones con registros incompletos, toma de decisiones de

[*] *Juan Carlos Ángeles Hernández. Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600. juan_angeles@uaeh.edu.mx, 7721067438.
Autor de correspondencia: juan_angeles@uaeh.edu.m

manejo, aplicación y evaluación de programas de mejoramiento genético, monitoreo sanitario, cálculo de la alimentación y aspectos económico-administrativos (Angeles-Hernandez et al., 2021).

Desde un punto de vista matemático, la forma de la curva de lactación es obtenida a partir de los parámetros que la caracterizan, como la producción láctea total, pico de lactación y tiempo requerido para alcanzar el pico de lactación (Angeles-Hernandez et al., 2021). Los parámetros de la curva de lactación se han calculado utilizando modelos matemáticos empíricos y mecanísticos mediante la implementación de técnicas estadísticas tradicionales como la regresión lineal, regresión no lineal, regresión aleatoria, etc. (Angeles-Hernandez et al., 2022). Sin embargo, en los últimos años los algoritmos de *Machine Learning* han demostrado ser herramientas poderosas en la predicción y modelado de datos complejos. Estos algoritmos tienen la capacidad de aprender patrones y relaciones ocultas en grandes conjuntos de datos. En vacas lecheras, los algoritmos de *Machine Learning* han probado ser útiles en la predicción de mastitis, determinación de estros, estimación de la producción láctea (Sharma et al. 2007, Gandhi et al. 2009, Dongre et al. 2012, Manoj et al. 2014) y la estimación del pico de producción en búfalos (Sunesh et al. 2022). Debido a la capacidad predictiva este tipo de aproximación posiciona a los algoritmos de *Machine Learning* como una metodología analítica prometedora para la estimación producción de leche en ovejas y describir la curva de lactación de manera más precisa. Por lo cual, el objetivo del presente estudio es evaluar la bondad de ajuste de diferentes algoritmos de *Machine Learning* y un modelo empírico tradicional para la estimación de los parámetros de la curva de lactación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos: Se utilizaron un total de 1,186 registros mensuales de acuerdo con el método A4 propuesto por el ICAR (2018) como el método estándar para el registro de la producción de leche en ovejas lecheras. Estos registros correspondían a 156 lactaciones de ovejas localizadas en Querétaro, México con una temperatura media anual de 17.3°C y promedio anual de lluvias de 485 mm. Fueron seleccionadas lactaciones con mínimo cinco registros de producción, obteniéndose una base de datos con 119 lactaciones. A partir de los registros mensuales de producción láctea fue calculada la producción láctea total (PLT) usando el método del día centrado o método de Fleischmann (Sargent,1968), el pico de lactación (PL) y tiempo al pico de lactación (TPL). Posteriormente, Se realizó un análisis descriptivo para determinar datos atípicos o *outliers*, estableciendo de esta manera la exclusión de lactaciones con PLT mayor a 182 l (8) y TPL mayores a 100 días (6), obteniendo finalmente una base de datos con 105 lactaciones.

Formulación del modelo: Se establecieron como atributos de entrada las siguientes características de la lactación: 1) primer día de registro de la producción láctea (PDR); 2) duración de la lactación (DL); 3) producción láctea al primer registro de producción (PL1); 4) Producción láctea al segundo registro de producción (PL2); 5) Producción láctea al tercer registro de producción (PL3); 6) Producción láctea al cuarto registro de producción (PL4); 7) Producción láctea al quinto registro de producción (PL5). Los atributos de salida correspondían a la característica de la lactación a determinar a) PLT; b) PL y c) TPL. La formulación del modelo consiste en mapear los atributos de entrada (1-8) para producir el valor de los atributos de salida (a-c).

El proceso de desarrollo de modelos involucró la capacitación y prueba de modelos utilizando algoritmos de *Machine Learning* independientemente para cada variable de salida (a, b, c). Durante el entrenamiento, se construyen los modelos para la predicción, utilizando el conjunto de datos de entrada y salida. Los algoritmos para el desarrollo de modelos se ejecutaron utilizando el software de minería de datos Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA, versión 3.8.6;) basado en Java, disponible como fuente abierta. Para la ejecución de los algoritmos, la base de datos se transformó al formato de datos compatible con el programa WEKA (formato de archivo de atributos” ; .arff). Por lo tanto, el conjunto de datos final constaba de 8 atributos independientes y un atributo dependiente (PLT, PL o TPL) según la característica a determinar.

Posteriormente, se seleccionaron siete algoritmos de *Machine Learning* de los 28 disponibles en WEKA basándose en los resultados de la raíz del error cuadrático medio: "*functions.GaussianProcesses*" (GP), "*functions.LinearRegression"* (LR), "*functions.MultilayerPerceptron" (*MP), "*functions.SMOreg"* (SMOreg), "*rules.M5Rules"* (M5), "*trees.M5P"* (M5P) y "*trees.RandomForest* (RF). Los modelos fueron entrenados y validados con el método de validación cruzada de 10 folds o particiones. El conjunto de datos original se dividió en diez particiones iguales, en cada iteración se dividen los datos en entrenamiento y de prueba, de tal forma que se garantiza que cada instancia se haya utilizado una vez para las pruebas. Este proceso está dado por un modelo de regresión lineal múltiple con 'n' variables explicativas (predictoras) x_1, x_2, ... x_n y una variable de respuesta Y, se puede escribir como:

$$y=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2+\beta_3x_3+\cdots\beta_nx_n+\varepsilon \quad (1)$$

donde β0, es constante y β_1, β_2 .... β_n son los coeficientes de x_1, x_2, ..., x_n y se estiman a partir de los datos y ε es el término de error aleatorio o residual del modelo.

Modelación matemática: Además de estos siete algoritmos, también se ajustaron las curvas de lactación utilizando el modelo empírico gamma incompleto (Wood, 1967). El modelo de Wood esta representado por tres parámetros: *a* que es la producción al inicio de la lactación, *b* que representa la fase de ascenso y *c* que describe la fase de descenso de la curva de lactación. Los parámetros del modelo de Wood (a, b y c) fueron estimados por medio del proceso iterativo de ajuste de curvas no lineales del análisis de regresión, utilizando la función "nlsLM" del paquete "minpack.lm" (Elzhov et al., 2022) en el entorno R para computación estadística (versión 4.3.0; Equipo central R, 2020) con todos los registros mensuales de 105 lactaciones ovinas. A partir de los parámetros estimados se obtuvieron las estimaciones para las características de la lactación PLT, PY y TPP.

Bondad de ajuste de los modelos: Se evaluó por medio del coeficiente de correlación (r), el error absoluto medio (MAE), raíz del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto relativo (RAE; %), raíz del error cuadrático relativo (RRSE; %).

RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los criterios de bondad de ajuste del modelo de Wood y de los siete algoritmos de *Machine learning* probados en curvas de lactación de ovejas. El modelo de Wood mostro una bondad de ajuste moderado con valores de r de 0.68. Los parámetros medios estimados para el modelo de Wood se presentan en la siguiente ecuación.

$$Y = (4.006)t^{(0.055)}\, exp^{-(0.006)t} \quad (2)$$

El RMSE representa el valor promedio de lo residuales para cada función matemática en la escala original; por lo cual, podemos interpretar con base a nuestros resultados que el modelo de Wood tuvo un error promedio en la estimación de la PLT de 41.91 l. Con respecto a los algoritmos de inteligencia artificial, todos muestran valores inferiores de RMSE en comparación con el modelo de Wood (<34.43 l), en donde el algoritmo SMOreg obtuvo la mejor predicción de la PLT con un error promedio de 11.05 l. Además, SMOreg obtuvo las mejores estimaciones del PL y TPL basados en todos los criterios de bondad de ajuste como r (0.80 y 0.69 respectivamente) y RMSE (0.20 y 17.68, respectivamente). En general, todos los algoritmos de *Machine Learning* presentan un mejor desempeño predictivo cuando son comparados con el modelo de Wood para describir las características de la lactación ovina.

En el cuadro 2 se muestran los valores de la PLT, PL y TPL reales y los estimados utilizando el modelo de Wood y el mejor algoritmo de *Machine learning* (SMOreg). El algoritmo SMOreg mostró una mejor estimación de la PLT con una diferencia con respecto al valor real de únicamente 0.82 l, lo cual es considerablemente inferior al error de estimación mostrado por el modelo de Wood (14.06 l). En el mismo sentido, SMOreg obtuvo mejores estimaciones del PL en comparación con el modelo

de Wood (0.935 vs. 4.29 l, respectivamente) el cual sobreestimo el pico de producción de leche en un 341.4 %. Ambas estrategias de estimación subestimaron el tiempo en el cual se alcanza la máxima producción. El PLT real se alcanzó a los 30 días postparto, valor que fue subestimado siete días por el modelo de Wood y cinco por SMOreg. Finamente, en la figura 1 se expresa gráficamente la relación entre los valores estimados y predicho de la PLT para el modelo de Wood y SMOreg. El gráfico revela que la magnitud de los residuales de la estimación de la PLT es mucho menor para el algoritmo de *Machine Learning* con un valor superior del coeficiente de determinación en comparación con el modelo de Wood (0.92 vs. 0.46).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Basándose en el RMSE, el rendimiento del mejor modelo (SMOreg) es muy parecido a los modelos LR, M5 y M5P. por lo que futuros estudios podrían emplear un análisis estadístico adicional para corroborar las diferencias estadísticas entre las estimaciones y de esta manera establecer los mejores algoritmos para la estimación de las características de la lactación ovina. Sin embargo, Nguyen et al. (2020) encontraron que este algoritmo presenta buen rendimiento para la predicción de la producción láctea con bajo costo computacional al compararlo con MLP y RF.

Cuadro 1. Bondad de ajuste del modelo de Wood y los algoritmos de *Machine Learning* de las características de la lactación PTL, PL y TPL en ovejas lecheras.

	Wood	GP	LR	MP	SMOreg	M5	M5P	RF
Producción láctea total (PLT)								
r	0.68	0.65	0.96	0.95	0.96	0.96	0.96	0.94
MAE	18.26	28.46	8.36	10.27	8.28	8.52	8.52	12.31
RMSE	41.91	34.43	11.09	13.59	11.05	11.22	11.22	15.78
RAE (%)	52.53	81.59	23.96	29.44	23.72	24.42	24.42	35.29
RRSE (%)	101.48	83.10	26.77	32.79	26.67	27.08	27.08	38.09
Pico de lactación (PL)								
r	-0.21	0.60	0.79	0.70	0.80	0.79	0.79	0.73
MAE	3.54	0.20	0.13	0.20	0.13	0.13	0.13	0.15
RMSE	21.33	0.26	0.20	0.28	0.20	0.20	0.20	0.22
RAE (%)	1345.33	77.40	51.52	76.24	49.72	51.52	51.52	57.32
RRSE (%)	6409.03	82.03	61.80	85.93	60.81	61.80	61.80	67.95
Tiempo al pico de lactación (TPL)								
r	0.47	0.66	0.65	0.54	0.69	0.65	0.65	0.63
MAE	19.89	13.33	12.09	17.36	10.05	12.06	12.06	12.88
RMSE	29.12	17.66	17.97	22.51	17.68	17.92	17.92	18.10
RAE (%)	101.46	67.57	61.26	88.01	50.96	61.11	61.11	65.29
RRSE (%)	124.48	74.95	76.26	95.53	75.03	76.06	76.06	76.79

* GP, Gaussian processes. LR, Linear regression. MP, Multilayer Perceptron. M5, M5Rules. M5P, M5P tree. RF, RandomForest. r, coeficiente de correlación. MAE, error absoluto medio. RMSE, raíz del error cuadrático medio. RAE, error absoluto relativo. RRSE, raíz del error cuadrático

La diferencia entre el ajuste de los algoritmos se debe a las técnicas empleadas para generar el atributo de salida. El algoritmo SMOreg tiene como objetivo encontrar una función de regresión que pueda predecir valores numéricos continuos a partir de un conjunto de datos de entrenamiento (Li, C., & Jiang, 2006). A diferencia de los problemas de clasificación, donde se busca encontrar una frontera de decisión entre diferentes clases, en la regresión se busca encontrar una función que mapee las entradas a valores continuos, como los algoritmos de M5, M5P y RF (Murphy, 2012).

El modelo de Wood es la función matemática más ampliamente utilizada para la descripción de la curva de lactación debido a su sencilla estructura matemática y la interpretación biológica parcial de sus parámetros (Angeles-Hernandez et al., 2021). Sin embargo, este modelo presenta dificultades en la estimación de la producción láctea en la primera parte de la lactación en curvas con forma atípica (sin pico de lactación) (Macciotta et al., 2011). En este sentido, la deficiencia de ajuste del modelo de Wood en el presente estudio podría estar asociada con la presencia de curvas atípicas. Angeles-Hernandez y colaboradores (2014) señalan que el 52.06 % de las curvas de lactación de ovejas en México presentan forma atípica, afectando el ajuste del modelo de Wood debido a la generación de variaciones importantes en el parámetro *b*. El valor del parámetro *b* del modelo de Wood es fundamental ya que controla la magnitud de la curvatura del patrón de lactación (Congleton y Everett, 1980). Por lo cual, problemas en la estimación de este parámetro afecta la bondad de ajuste del modelo de Wood.

Cuadro 2. Media de las características de la curva de lactación reales y estimadas por el modelo de Wood y SMOreg.

	Real	Wood	SMOreg
Producción total de leche (l)	101.02	115.08	100.20
Pico de producción (l)	0.972	4.291	0.935
Tiempo al pico de producción (días)	30	23	25

Figura 1. Comparación de la PLT real y estimada por el modelo de Wood (A) y usando el algoritmo SMOreg (B).

En conclusión, los hallazgos del presente estudio revelan que cinco registros mensuales de producción láctea son suficientes para obtener estimaciones adecuadas de las características de la curva de lactación utilizando algoritmos de *Machine Learning* superando la capacidad predictiva del modelo de Wood. Además, dichos algoritmos permiten optimizar las estimaciones de los parámetros de la curva de lactación en ovejas y maximizar el aprovechamiento de la información disponible. Sin embargo, es necesario evaluar la utilización de estos algoritmos en distintos sistemas de producción y estructuras de bases de datos.

AGRADECIMIENTOS

Guevara L.P agradece al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por el apoyo para realizar sus estudios de doctorado y a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nivel Superior (CAPES) por el soporte para efectuar la estancia de investigación em el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo bajo la dirección del Dr. Angeles-Hernandez, J.C.

LITERATURA CITADA

Angeles-Hernandez, J. C., Aranda-Aguirre, E., Muñoz-Benítez, A. L., Chay-Canul, A. J., Albarran-Portillo, B., Pollott, G. E., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Physiology of milk production and modelling of the lactation curve. CABI Reviews.

Angeles-Hernandez, J. C., Castro-Espinoza, F. A., Peláez-Acero, A., Salinas-Martinez, J. A., Chay-Canul, A. J., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2022). Estimation of milk yield based on udder measures of Pelibuey sheep using artificial neural networks. *Scientific Reports*, *12*(1), 9009.

Congleton, W. R., & Everett, R. W. (1980). Error and Bias in Using the Incomplete Gamma Function to Describe Lactation Curves. *Journal of Dairy Science*, *63*(1), 101–108. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82894-3

Dongre, V. B., Gandhi, R. S., Singh, A., & Ruhil, A. P. (2012). Comparative efficiency of artificial neural networks and multiple linear regression analysis for prediction of first lactation 305-day milk yield in Sahiwal cattle. *Livestock Science*, *147*(1), 192–197. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.04.002

Elzhov, T.V., Mullen, K.M., Spiess, A. and Bolker, B. (2022). minpack. lm: R Interface to the Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares Algorithm Found in MINPACK. R Packag. version 1.2-2

Gandhi, R. S., Raja, T. V., Ruhil, A. P., & Amit, K. (2009). Prediction of lifetime milk production using artificial neural network in Sahiwal cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*, *79*(10), 1038-1040.

Hernández, J. C. Á., Ortega, O. C., Portillo, B. A., Montaldo, H. H., & Ronquillo, M. G. (2014). Application of the Wood model to analyse lactation curves of organic dairy sheep farming. *Animal Production Science*, *54*(10), 1609-1614.

Li, C., & Jiang, L. (2006). Using locally weighted learning to improve SMOreg for regression. In *PRICAI 2006: Trends in Artificial Intelligence: 9th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence Guilin, China, August 7-11, 2006 Proceedings 9* (pp. 375-384). Springer Berlin Heidelberg.

Macciotta, N.P.P., Dimauro, C., Rassu, S.P.G., Steri, R., Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian Journal of Animal Science,* 10(51), 213. https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e51

Macciotta, N. P. P., Vicario, D., & Cappio-Borlino, A. (2005). Detection of Different Shapes of Lactation Curve for Milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *Journal of Dairy Science*, *88*(3), 1178–1191.

McGill, D., Fullard, P. Celi, P.C., Thomson, E.H., Iqbal, P.C., Wynn, P.C., and Raadsma, H.W. (2006) Lactation curve characteristics and persistency of lactation in dairy ewes milked once a day: preliminary observations. Australian Society of Animal Production 26th biennial Conference. Short communication number 71.

Manoj, M., Gandhi, R. S., Raja, T. V., Ruhil, A. P., Singh, A., & Gupta, A. K. (2014). Comparison of artificial neural network and multiple linear regression for prediction of first lactation milk yield using early body weights in Sahiwal cattle. *Indian Journal of Animal Sciences*, *84*(4), 427-430.

Nguyena, Q. T., Fouchereaub, R., Frénoda, E., Gerardc, C., Sinchollec, V. 2020. Comparison of forecast models of production of dairy cows combining animal and diet parameters. *Computers and Electronics in Agriculture,* 170: 105258.

Pollott, G.E. and Gootwine, E. (2000) Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science*. 71, 197-207.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

Sharma, A. K., Sharma, R. K., & Kasana, H. S. (2007). Prediction of first lactation 305-day milk yield in Karan Fries dairy cattle using ANN modeling. *Applied Soft Computing*, *7*(3), 1112–1120. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2006.07.002

Sunesh, Balhara, A. K., Dahiya, N. K., Himanshu, Singh, R. P., & Ruhil, A. P. (2022). Machine learning algorithms for predicting peak yield in buffaloes using linear traits. *The Indian Journal of Animal Sciences*, *92*(8), 1013–1019. https://doi.org/10.56093/ijans.v92i8.122008

Waikato Environment for Knowledge Analysis – WEKA. (2022). The University of Waikato, Hamilton, New Zealand. https:// www.cs.waikato.ac. nz/ml/weka.

Wood, P.D.P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*, *216*(5111), Article 5111. https://doi.org/10.1038/216164a0

RESPUESTA DIRECTA Y CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO SIMMENTAL Y SIMBRAH EN MÉXICO

[1]Upalía O.R.[*], [1]Vega M.V.E., [2]Montaño B.M., [3]Medina C.J.M., [2]Martínez V.G., [1]Ríos U.A., [1]Carrasco G.A., [1]Martínez H.J.M., [1]Villagómez C.J.A.

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [3]Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-Simm-Angus de México A. C.

INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones genéticas de características de la canal mediante ultrasonografía asumen una variación genética y residual homogénea, por lo tanto, se divide la variación fenotípica de las características en componentes de varianza para efectos genéticos aditivos (Schmidt et al., 2020). Con estos componentes de varianza aditiva, residual y fenotípica se realiza la predicción de las diferencias esperadas de la progenie (DEP) utilizando el modelo animal (Van Vleck, 1993). Adicionalmente, existe la necesidad de explorar posibles asociaciones entre características y determinar tanto la respuesta directa como la correlacionada a la selección, para poder evaluar la viabilidad de la selección indirecta de características conjuntas o la consecuencia de la selección de características individuales (Londoño et al., 2022). Considerando estos importantes factores, se planteó el presente estudio con el objetivo de estimar correlaciones genéticas para características de la canal y la respuesta directa y correlacionada a la selección en ganado Simmental y Simbrah de registro en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el pedigrí y la información de la canal de 692 animales Simmental (N=514; 208 hembras y 306 machos) y Simbrah (N=178; 81 hembras y 97 machos) de registro pertenecientes a la Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-Simm-Angus de México A. C., nacidos entre 2011 y 2018. Las variables de respuesta utilizadas fueron área del ojo del lomo (AOL; cm2), grasa de la cadera (GC; cm), grasa dorsal (GD; cm), grasa intramuscular (GI; %), grado de marmoleo (M) y grado de rendimiento (R), que estima la cantidad aproximada de los cortes de carne de una canal. Todas las mediciones se realizaron en los ranchos de los criadores entre los 9 y 16 meses de edad, con un ultrasonido de tiempo real (Modo B; Aloka 210DX, Corometrics Medical Systems, Wallingford, CT). Las estimaciones de los componentes de (co)varianza se obtuvieron mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML), con modelos animal bivariados, utilizando el programa MTDFREML (Boldman et al., 1991). El modelo animal incluyó los efectos fijos de grupo contemporáneo y sexo, cómo covariables se incluyeron el porcentaje de genes Simmental, heterocigosis y pérdidas por recombinación según fue propuesto por Akbas et al. (1993) y los efectos genético aditivo directo y residual como aleatorios. La representación matricial de los modelos animal bivariados utilizados (Van der Werf, 2012) es:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{X}_1 & 0 \\ 0 & \mathrm{X}_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathrm{Z}_1 & 0 \\ 0 & \mathrm{Z}_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde:

- ***y*** es el vector de observaciones,
- ***β*** es el vector de efectos fijos,
- ***a*** es un vector de efectos genéticos aditivos directos,
- ***e*** es un vector de errores aleatorios asociados a las observaciones, y
- ***X*** y ***Z*** son matrices de incidencia que relacionan las observaciones con β y a, respectivamente.

[*] *Rafael Upalía Orozco. Calle Francisco Pizarro #305 altos, Fraccionamiento Reforma, Veracruz, Ver. CP. 91919. zS21000139@estudiantes.uv.mx, 2299067611.

El primer y segundo momento se asumieron como:

$$E = \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \; y \; Var = \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{G} \otimes \mathrm{A} & 0 \\ 0 & \mathrm{R} \otimes \mathrm{I} \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a1}^2 & \sigma_{a1a2} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma_{a2}^2 \end{bmatrix} \; y \; R = \begin{bmatrix} \sigma_{e1}^2 & \sigma_{e1e2} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma_{e2}^2 \end{bmatrix}$$

Donde:

- ***G*** es la matriz de varianzas y covarianzas,
- ⊗: es el producto directo del operador o producto de Kroenecker,
- ***A*** es una matriz de relaciones genéticas entre todos los individuos,
- ***R*** es una matriz residual de varianzas y covarianzas e
- ***I*** es una matriz identidad de tamaño igual al número de animales con registros.

Adicionalmente σ_{a1}^2 y σ_{a2}^2 son las varianzas aditivas de los efectos genéticos para las características 1 y 2 y respectivamente σ_{a1a2} y σ_{a2a1} son las covarianzas genéticas entre las características 1 y 2 respectivamente, de igual manera σ_{a1}^2 y σ_{a2}^2 son las varianzas aditivas de los efectos residuales para las características 1 y 2 y respectivamente σ_{a1a2} y σ_{a2a1} son las covarianzas residuales entre las características 1 y 2 respectivamente.

La superioridad directa esperada (RDS) de hacer selección directa de machos para AOL, GC, GD, GI, M y R y la superioridad indirecta en la respuesta genética esperada correlacionada (RCS) de machos seleccionados para AOL-GC, AOL-GD, AOL-R, GC-GI y M-GC. La respuesta a la selección (a una generación) fue calculada a partir de la selección de sementales basada en registros de su progenie de medios hermanos y la proporción de la superioridad de la selección indirecta a la selección directa (RSID) para machos se calcularon utilizando las fórmulas de Van Vleck et al. (1987).

$$RDS = \Delta A_1 = \left(\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}} \right) (i) \left(\sqrt{h_x^2} \right) \sigma_{px}$$

$$RCS = \Delta A_2 = \left(\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}} \right) (r_g) (i) \left(\sqrt{h_y^2} \right) \sigma_{p_y}$$

$$RS_{ID} = \frac{\Delta A_1}{\Delta A_2} = \frac{r_g \sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}}}{\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_y^2}{h_y^2}}}}$$

RESULTADOS

Los valores estimados de los componentes de covarianza para las características evaluadas se presentan en el Cuadro 1.

Componentes de varianza

Las estimaciones de los componentes de varianza se presentan en el Cuadro 1. Las características que presentaron mayor varianza fenotípica fueron AOL y GI con valores de 12.89 cm^2 y 1.80%, respectivamente, mientras que las que presentaron menor varianza fenotípica fueron GD y R con valores de 0.02 y 0.02, respectivamente.

Cuadro 1. Valores estimados de los componentes de varianza aditiva (σ_a^2), varianza del error (σ_e^2) y varianza fenotípica (σ_f^2), para área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

varianza	AOL	GC	GD	GI	MAR	R
σ_a^2	5.72	0.01	0.01	0.60	0.04	0.01
σ_e^2	7.17	0.02	0.01	1.20	0.11	0.01
σ_f^2	12.89	0.03	0.02	1.80	0.15	0.02

Los valores estimados de los componentes de covarianza entre las características evaluadas se presentan en el Cuadro 2.

Covarianzas

Cuadro 2. Covarianzas genéticas (triangulo inferior) y residuales (triangulo superior) para características de la canal en ganado Simmental y Simbrah.

Característica	AOL	GC	GD	GI	M	R
AOL		0.07	0.11	-3.27	-0.66	0.11
GC	0.10		0.01	-0.04	-0.01	0.01
GD	0.06	0.01		-0.04	-0.02	0.01
GI	2.32	0.03	0.03		0.46	-0.05
M	0.72	0.00	0.01	0.17		-0.01
R	0.06	0.01	0.01	0.04	0.01	

Los valores estimados de las correlaciones genéticas entre las características evaluadas se presentan en el Cuadro 3.

Correlaciones genéticas

Las correlaciones estimadas presentaron asociaciones positivas. AOL con GC, GD y R, lo que sugiere asociaciones desfavorables de AOL con GD y GC, pero también una asociación deseable entre AOL y R. AOL con GI y M son estimadores atípicos que también se encontraron en GC con GD y R y entre GD con GI, M y R. Estos resultados sugieren que al seleccionar AOL ocurre una selección indirecta en GC, GD y R. Las correlaciones de GC con GI y M indican una asociación favorable de GC con ambas características, Con excepción de AOL, las correlaciones de R fueron atípicas con el resto de las características analizadas.

Cuadro 3. Valores estimados de las correlaciones genéticas entre área del ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

Característica	GC	GD	GI	M	R
AOL	0.58±0.78	0.44±0.73	1.00±0.52	1.00±0.60	0.49±0.77
GC		0.99±0.78	0.45±0.84	0.36±0.74	0.99±0.56
GD			1.00±0.71	1.00±1.28	1.00±0.90
GI				1.00±2.08	1.00±1.03
M					0.99±1.43

La respuesta directa esperada a partir de la selección (RDS) de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos se presenta en el Cuadro 4.

Respuesta directa a la selección

La respuesta directa a la selección esperada fue mayor para GC con 0.12 cm de incremento con 1000 hijos. GD y GR presentaron 0.09 unidades de incremento, M presentó la menor cantidad de respuesta a la selección directa con 0.05 unidades de incremento, GI incrementó 0.38% con el mayor número de progenie, AOL incrementó hasta 1.49 cm^2 al realizar selección directa.

Cuadro 4. Respuesta directa (RDS) esperada a la selección a partir de selección de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos para ojo del lomo (AOL, cm^2), grasa de la cadera (GC, cm), grasa dorsal (GD, cm), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R) por unidad de incremento

Numero de progenie	**RDS**					
	AOL	GC	GD	GI	MAR	R
5	0.69	0.07	0.05	0.12	0.02	0.05
10	0.88	0.09	0.06	0.17	0.02	0.06
20	1.08	0.10	0.07	0.22	0.03	0.07
50	1.28	0.11	0.08	0.28	0.04	0.08
100	1.38	0.11	0.08	0.32	0.05	0.08
200	1.44	0.12	0.09	0.35	0.05	0.09
500	1.48	0.12	0.09	0.37	0.05	0.09
1000	1.49	0.12	0.09	0.38	0.05	0.09

La respuesta correlacionada esperada a partir de la selección (RCS) de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos se presenta en el Cuadro 5.

Respuesta correlacionada a la selección

La respuesta correlacionada esperada a partir de la selección (RCS) de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos se presenta en el Cuadro 5. La respuesta correlacionada esperada fue positiva para todas las características, se calculó la respuesta correlacionada para GC, GD y R a partir de la selección para AOL, la respuesta para GI se calculó a partir de GC y por ultimo GC se calculó a partir de la selección para M. GCGI presentó un valor de 0.17 de incremento con 1000 individuos como progenie de medios hermanos, AOLGC presentó 0.07 unidades de incremento, AOLGD, AOLR y MGC presentaron la menor cantidad de respuesta correlacionada con un incremento de 0.04 unidades. Estos valores indican que la respuesta correlacionada es favorable para GCGI, pero es menos favorable para AOLGD, AOLR y MGC, pero en menor medida para AOL.

Cuadro 5. Respuesta directa (RDS) esperada a la selección a partir de selección de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos para área del ojo del lomo (AOL, cm^2) y grasa intramuscular (GI, %) por unidad de incremento.

	RCS				
NP	AOLGC	AOLGD	AOLR	GCGI	MGC
5	0.03	0.02	0.02	0.11	0.01
10	0.04	0.02	0.03	0.13	0.02
20	0.05	0.03	0.03	0.15	0.02
50	0.06	0.03	0.04	0.16	0.03
100	0.06	0.04	0.04	0.17	0.04
200	0.07	0.04	0.04	0.17	0.04
500	0.07	0.04	0.04	0.17	0.04
1000	0.07	0.04	0.04	0.17	0.04

La proporción de la superioridad de la selección indirecta a la selección directa (RSID) se presenta en el Cuadro 6.

Superioridad de la selección directa a la selección directa

La superioridad para MGC, AOLGD, AOLR y AOLGC presentaron valores positivos que incrementaron con el mayor número de progenie, los cuales fueron 0.35, 0.44, 0.49 y 0.58

respectivamente mientras que GCGI presentó valores altos de 0.90 con 5 hijos, pero disminuyeron al alcanzar 1000 hijos dando un resultado final de 0.46 unidades.

Cuadro 6. Proporción de la superioridad de la selección indirecta a la selección directa (RSID) entre área del ojo del lomo con grasa de la cadera (AOLGC), área del ojo del lomo con grasa dorsal (AOLGD), área del ojo del lomo con rendimiento (AOLR), grasa de la cadera con grasa intramuscular (GCGI) y marmoleo con grasa de la cadera (MGC).

	RSID				
No. de progenie	AOLGC	AOLGD	AOLR	GCGI	MGC
5	0.42	0.33	0.36	0.89	0.19
10	0.45	0.35	0.39	0.79	0.22
20	0.49	0.37	0.42	0.68	0.25
50	0.53	0.40	0.45	0.57	0.29
100	0.55	0.42	0.47	0.52	0.32
200	0.56	0.43	0.48	0.49	0.34
500	0.57	0.44	0.48	0.47	0.35
1000	0.58	0.44	0.49	0.46	0.35

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Correlaciones genéticas

Se reportó una correlación genética positiva entre AOL y GD (0.43) para ganado Hanwoo (Lee et al., 2014), asimismo, se estimó una asociación genética positiva entre GD y AOL (0.27) en la raza Canchim (Pires et al., 2017), Por otro lado, Naserkheil et al. (2021), en ganado Hanwoo, utilizando información medida por ultrasonido, obtuvieron una correlación genética positiva entre AOL y GD (0.16). En contraste, un estudio realizado con novillos cruzados *Bos taurus*, en donde las mediciones se realizaron por ecografía, reportó un antagonismo entre AOL y GD de -0.17 (Miar et al., 2014). Similarmente, se detectaron correlaciones negativas entre AOL y GD (-0.30), estimadas a partir de información de machos Hanwoo finalizados en corral (Choi et al., 2015).

Respuesta directa y correlacionada a la selección

En Nelore se presentaron estimadores para la respuesta directa, correlacionada y la eficiencia relativa a la selección, calculando los estimadores con las fórmulas de Falconer y Mackay (1996). La RDS para AOL, GC, GD, GC y M fue de 5.46, 0.19, 0.06, 0.05 respectivamente, La RCS para MGC fue de 0.01 y la eficiencia fue 17.14% (Londoño et al., 2022) los estimadores para la respuesta y eficacia a la selección fueron superiores en el presente estudio.

Conclusión

Las correlaciones genéticas estimadas sugieren que la selección para aumentar AOL reflejará incrementos de la GD, GC y del R de la canal, en contraste, la selección para incrementar GC afectará altamente a GI, cuando la progenie proviene de cinco medios hermanos, sin embargo, está respuesta tiende a normalizarse con mayor progenie.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a la Asociación Mexicana Simmental-Simbrah-Simm-Angus de México A. C. por la información proporcionada para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Akbas Y., Brotherstone S., y Hill W. G. 1993. Animal model estimation of non-additive genetic parameters in dairy cattle, and their effect on heritability estimation and breeding value prediction. Journal of Animal Breeding and Genetics, 110(1-6): 105-113.

Boldman, K.G. y Van Vleck, L.D. 1991. Derivative Free Restricted Maximum Likelihood Estimation in Animal Model with a Sparse Matrix Solver. J. Dairy Sci, v.74

Choi T.J., Alam M., Cho C.I., Lee J.G., Park B., Kim S., Koo Y. y Roh S.H. 2015. Genetic parameters for yearling weight, carcass traits, and primal-cut yields of Hanwoo cattle. Journal of Animal Science, 93:1511–1521.

Lee J.H., Lee Y.M., Oh S. H., Son H. J., Jeong D. J., Whitley N. y Kim J. J. 2014. Estimation of genetic parameters for real-time ultrasound measurements for Hanwoo cows at different ages and pregnancy status. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 27(2): 155–160.

Londoño M.G., Cardona D.C., Rodríguez D.J., Brunes L.C., Magnabosco C.U., Pereira A.S.C. y Baldi F. 2022. Heritability and genetic correlations between marbling in longissimus dorsi muscle and conventional economic traits in Nellore beef cattle. Tropical Animal Health and Production, 54(5): 274.

Miar Y., Plastow G.S., Bruce H.L., Moore S.S., Durunna O.N., Nkrumah J.D. y Wang Z. 2014. Estimation of genetic and phenotypic parameters for ultrasound and carcass merit traits in crossbred beef cattle. Canadian Journal of Animal Science. 94: 273-280.

Naserkheil M., Lee D.H., Kong H.S., Seong J. y Mehrban H. 2021. Estimation of genetic parameters and correlation between yearling ultrasound measurements and carcass traits in Hanwoo cattle. Animals, 11: 1425.

Pires C.P., Tholon P., Buzanskas M.E., Sbardella A.P., Oliveira R.J., Campos da Silva L.O., Almeida T.R.A., Prado M.D., Mello de Alencar M. 2017. Genetic analyses on bodyweight, reproductive, and carcass traits in composite beef cattle. Animal Production Science, 57: 415–421.

Schmidt B.M., Gonda M.G., y MacNeil M.D. 2020. Partitioning variation in measurements of beef carcass traits using ultrasound. Translational Animal Science, 4(3): 162.

Van der Werf J. 2012. Mixed models for genetic analysis. VSN International Ltd.

Van Vleck L.D., Pollak E.J. y Oltenacu, E.A. 1987. Genetics for the animal sciences. WH freeman and Company.

Van Vleck L.D. 1993. Selection index and introduction to mixed model methods. CRC Press.

Palabras clave: Respuesta a la selección, Componentes de varianza, Correlaciones genéticas.

COMPARACIÓN DE VALORES GENÉTICOS PARA MINERALES EN LECHE CON Y SIN GENOTIPOS PARA BOVINOS EN MÉXICO.

Flores R. E., Lorenco D., García R. A., Ruiz L. F. J., *Toledo A.H.O.

Resumen

La leche es un alimento que proporciona un alto nivel de nutrientes, entre ellos los minerales. Uno de los factores que influyen en la cantidad de minerales en la leche es el factor genético, por lo que pueden hacerse programas de mejoramiento genético que incluyan este fenotipo. En la búsqueda de mejorar la predicción de los valores genéticos, comenzaron a utilizarse los genotipos con el objetivo de aumentar la exactitud de estas estimaciones y para validar que los valores observados y esperados sean similares existen métodos como el "LR" que pueden ser usados en escenarios complejos. Para obtener los valores genéticos se utilizó el programa Blupf90+ y se corrió dos veces, con y sin genotipos, se obtuvo la exactitud, la confiabilidad, la dispersión y el sesgo con el método LR. Se pudo observar que los valores genéticos obtenidos con los genotipos fueron en promedio 15% mas altos que sin genotipos. Por lo tanto se puede considerar usar los genotipos para mejorar la confiabilidad y exactitud de las predicciones de los valores genéticos.

Introducción

En los últimos años ha crecido el interés en estudiar los componentes en la leche que son beneficiosos en la salud humana. Sabemos que la leche es un alimento que proporciona un alto nivel de nutrientes como proteínas de alto valor biológico, carbohidratos, grasas, vitaminas liposolubles e hidrosolubles y minerales, principalmente calcio y fósforo, pero también magnesio, zinc y selenio (Sánchez et al., 2020).

Los minerales que encontramos en la leche son importantes para procesos fisiológicos en el humano como Selenio y Zinc que actúan en las respuestas inmunes, o Calcio, Potasio y Magnesio en la presión sanguínea (van Hulzen et al., 2009)y el calcio y el fósforo que juegan un papel importante en el metabolismo de los huesos e intervienen en la prevención de enfermedades como la osteoporosis (Toffanin et al., 2015). Por ejemplo, el calcio que se encuentra en la leche tiene una alta biodisponibilidad (aproximadamente del 30%), debido a que en la leche están presentes la lactosa y caseína que evitan la precipitación de este mineral (Sánchez et al., 2020).

Los minerales representan una pequeña parte de los sólidos totales de la leche, estos juegan un papel importante en la estabilidad de las caseinas, por lo que tienen un efecto directo en la coagulación de la leche y el rendimiento quesero (van Hulzen et al., 2009).

Uno de los factores que describen la composición de los minerales en leche es el factor genético. (Toffanin et al., 2015). Por lo se podrían implementar programas para hacer selección de este fenotipo. Para esto es importante conocer los parámetros genéticos de la población que se quiere estudiar y los valores genéticos de los individuos.

Una herramienta que ha sido importante para calcular los valores genéticos es la selección genómica, que consiste en utilizar los genotipos de los animales para mejorar la exactitud de las predicciones. Este método utiliza marcadores genéticos como lo SNPs que prácticamente se encuentran en todo el genoma, como en regiones de intrones, exones, promotores y regiones intergénicas, de hecho, existen aproximadamente tresmil millones de nucleótidos en el genoma bovino y mas de 30 millones de SNPs. (Lourenco et al., 2020)

* *Hugo Oswaldo Toledo Alvarado, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, CP 04510, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. h.toledo.a@fmvz.unam.mx, 5548491593.

Existen diferentes métodos para validar que los resultados de las predicciones sean cercanos a los observados. Uno de ellos es el método LR, que es un método propuesto por (Legarra & Reverter, 2018) que busca ser una herramienta general y simple para que sea utilizada en escenarios complejos como rasgos de baja heredabilidad, rasgos observados indirectamente o con un tamaño limitado de grupos de prueba.

Materiales y Métodos

Las bases de datos utilizadas fueron obtenidas de la Asociación Holstein de México. Se utilizó una base de datos con 50,865 vacas con información de minerales, y un pedigrí con al menos 3 generaciones, de los cuales 7,764 animales tenian genotipos. Para obtener los valores genéticos se planteó el siguiente modelo:

Modelo de pentavariado para minerales en leche de vaca Holstein.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X\beta} + \mathbf{Zu} + \mathbf{Wpe} + \mathbf{e}$$

Donde:

Y es una matríz de observaciones con los minerales (Ca, K, Na, P o Zn)

β es el vector de soluciones de los efectos fijos (Hato-Año- estación (HYS), Días en leche por categoría (DIMc))

u es el vector de soluciones para efectos aleatorios genéticos aditivos directos.

pe es el vector de soluciones para efectos genéticos aditivos del ambiente permanente.

e es el vector del error.

X, **Z** y **W** son matrices de incidencia asociadas con sus respectivos efectos de **y**

Con el programa *Blupf90+* se obtuvieron los valores genéticos y después se agregaron los genotipos. Con el programa *Pregsf90* y *Seekf90* se evaluaron los genotipos para eliminar aquellos que tenían conflictos de parentesco y que tuvieran bajo call rate.

En el pedigrí utilizado se encontraron 1,434 conflictos mendelianos, los cuales fueron corregidos por el programa *Seek-parent.* Una vez analizados los genotipos y el pedigrí se volvió a correr el programa Blupf90+ agregando al archivo de parámetros los genotipos.

Después de realizar los análisis con genotipos y sin genotipos se realizó una validación de predicciones genómicas, con el método LR, buscando como resultado una mayor exactitud en los valores que incluían los genotipos. El grupo de validación incluyó a los animales nacidos después de 2017 y a partir de este grupo se obtuvo la confiabilidad, la dispersión y el sesgo (bias) con las siguientes fórmulas:

Exactitud

$$\sqrt{\frac{cov\,\hat{u}_c - \hat{u}_p}{(1+\bar{F})\sigma_u^2}}$$

Dispersión

$$\hat{u}_c = b_0 + b_1\hat{u}_p$$

Sesgo

$$\mu_{p,c} = \hat{u}_c - \hat{u}_p$$

Resultados

Exactitud, confiabilidad, dispersión y sesgo con EBVs

Mineral	Exactitud	Confiabilidad	Dispersión	Sesgo
Calcio	0.0431	0.2076	1.39	-0.32
Potasio	0.0313	0.1768	1.10	0.15
Sodio	0.0401	0.2004	1.15	-0.11
Fósforo	0.0498	0.2231	1.57	-0.32
Zinc	0.0391	0.1976	1.08	0.00

Exactitud, confiabilidad, dispersión y sesgo con GEBVs

Mineral	Exactitud	Confiabilidad	Dispersión	Sesgo
Calcio	0.099	0.314	1.04	-0.33
Potasio	0.106	0.325	1.05	0.16
Sodio	0.088	0.297	0.98	-0.13
Fósforo	0.131	0.362	1.14	-0.32
Zinc	0.214	0.462	1.14	0.00

En los resultados se puede observar que la exactitud y la confiabilidad aumentaron en las soluciones que incluyeron los genotipos. La exactitud aumento en promedio 0.15. También podemos ver que la dispersión se acerca más a 1, que es lo que se espera en este parámetro, a excepción de zinc que subió de 1.08 a 1.14. Respecto a los valores del sesgo, que se espera sean cercanos a cero, en ambas predicciones se mantuvieron similares.

Discusión y conclusiones

Como se puede observar en las tablas anteriores utilizar la información genómica puede ayudar a tener una mejor idea de los individuos que van a seleccionarse y tomar decisiones correctas. Esta herramienta puede ser aplicada en cualquier fenotipo, que la producción busque mejorar.

Es necesario que los productores cuenten con todas las herramientas necesarias para poder producir y vender los alimentos de calidad que exige el mercado. Realizar programas de mejoramiento genético es una buena herramienta y puede ser muy útil para cumplir este objetivo.

Bibliografía

Legarra, A., & Reverter, A. (2018). Semi-parametric estimates of population accuracy and bias of predictions of breeding values and future phenotypes using the LR method 01 Mathematical Sciences 0104 Statistics. *Genetics Selection Evolution*, *50*(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s12711-018-0426-6

Lourenco, D., Legarra, A., Tsuruta, S., Masuda, Y., Aguilar, I., & Misztal, I. (2020). Single-step genomic evaluations from theory to practice: using snp chips and sequence data in blupf90. *Genes*, *11*(7), 1–32. https://doi.org/10.3390/genes11070790

Sánchez, M., Sandro, R., Montero, J., Marchini, M., Iglesias, R., & Saad, G. (2020). Importance of Milk and Its Potential. *Nutrición*, *21*, 50–64.

Toffanin, V., Penasa, M., McParland, S., Berry, D. P., Cassandro, M., & De Marchi, M. (2015). Genetic parameters for milk mineral content and acidity predicted by mid-infrared spectroscopy in Holstein-Friesian cows. *Animal*, *9*(5), 775–780. https://doi.org/10.1017/S1751731114003255

van Hulzen, K. J. E., Sprong, R. C., van der Meer, R., & van Arendonk, J. A. M. (2009). Genetic and nongenetic variation in concentration of selenium, calcium, potassium, zinc, magnesium, and phosphorus in milk of Dutch Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*, *92*(11), 5754–5759. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2406

Inocuidad y seguridad alimentaria

RESISTENCIA DE *S. aureus,* PROVENIENTES DE QUESOS DE MERCADOS DE LA ALCALDIA TLÁHUAC CIUDAD DE MÉXICO.

Perea C. R. A., *Barrera J. I.

RESUMEN

La resistencia de cepas de *Staphylococcus aureus* a la mayoría de los antibióticos plantea un problema de salud pública, por el riesgo de propagación de resistencias a través de alimentos. Por tanto, el **Objetivo** fue determinar la resistencia a antibióticos de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de quesos frescos que se expenden en mercados de la Delegación de Tláhuac de la CDMX y que presentan contaminación relacionada a diversos factores como: las condiciones de higiene de los espacios de venta, por manipuladores y/o refrigeración inadecuada. **Material y Métodos:** Para este propósito se recolectan 40 muestras de quesos frescos, procedentes de cuatro mercados de esta Delegación, los mercados muestreados fueron: Zapotitla, Sta. Catarina, Tláhuac y mercado De la Colonia Mar (Medina). De cada mercado se toman 10 muestras, donde la unidad representativa es de 100g del alimento. Las muestras son analizadas según metodología del ICMSF, aislándose cepas *de S. aureus* que son identificadas bioquímicamente mediante pruebas como coagulasa, sal-manitol, DNasa. Una vez identificadas, se evalúo la resistencia a los antibióticos mediante el método de difusión en disco de Kirby-Bauer. **Resultados:** Los hallazgos obtenidos en el estudio evidencian muestras contaminadas con esta bacteria, con recuentos mayores a 10^5 UFC/g, de las cuales 31 cepas de *S. aureus* coagulasa positivas aisladas mostraron resistencia a penicilina (96,77%), oxacilina (77,42%), gentamicina (3,23%) y norfloxacino (3,23%). También mostraron sensibilidad a vancomicina (100%), gentamicina (96,77%) y norfloxacino (96,77%). **Conclusión:** Los resultados obtenidos en este trabajo podrían significar el potencial riesgo que supone el consumo de este producto debido a la contaminación presente y la propagación de resistencia a antibióticos en la comunidad.

Palabras clave: Ciudad de México, evaluación de antibióticos, *Staphylococcus aureus*, , queso.

INTRODUCCIÓN

La evidencia científica señala que un uso responsable de los antibióticos en la producción animal puede reducir la prevalencia de las bacterias resistentes a los antibióticos en los animales, entre las bacterias resistentes más comunicadas en las encuestas se encuentran la *Escherichia coli,* Campylobacter, Salmonela no tifoidea y **Staphylococcus aureus**. Además, apuntan que desde 2000 a 2018, la proporción de compuestos antimicrobianos con resistencia superior al 50% (P50) aumentó de entre 0.12 y 0.23 en bovinos. En estos mapas mundiales de resistencias, se identifican "puntos calientes" de resistencias en regiones como el noreste de la India y China, el norte de Pakistán**,** Irán**,** Turquía oriental, la costa sur de Brasil**,** Egipto, el delta del río Rojo en Vietnam, Johannesburgo y las áreas que rodean a **Ciudad de México**[2]**.** En ese panorama, la resistencia a antibióticos es un problema de Salud Pública conocido en muchos países debido a la circulación de cepas resistentes en el medio ambiente y la posible contaminación de agua y alimentos. Ante esto, investigadores han postulado que eventualmente los microorganismos ingeridos diariamente con los alimentos podrían estar sirviendo como reservorios para el mantenimiento de la resistencia a los antibióticos[1, 2].

Staphylococcus aureus es un coco Gram positivo, anaerobio facultativo, perteneciente al microbiota de la piel y las membranas mucosas de los animales y seres humanos, de ahí que éstos últimos

* **Barrera Jiménez Ivonne**. Universidad Autónoma Metropolitana – X Ceparío División de CBS, rperea@correo.xoc.uam.mx 5581811714. Calzada Del Hueso 1100 Col. Villa Quietud Coyoacán.

sean la fuente más frecuente de contaminación estafilocócica en los alimentos[3, 4]. Además puede adaptarse rápidamente a la presión selectiva de los antibióticos generando resistencia[5].

El queso fresco es un producto de leche pasteurizada y/o en caso de los artesanales sin pasterizar, sin madurar, que está listo para el consumo poco después de su fabricación[7]. Es el producto sin madurar obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche cruda o reconstituida, pasteurizada, entera o parcialmente descremada, o de una mezcla de estos productos, y que cumple con los requisitos especificados en esa norma como (generales: color, forma, corteza, pasta, composición; fisicoquímicos; aditivos alimentarios permitidos; microbiológicos; y temperatura de conservación)[8]. Alimentos de Alto Riesgo (AAR), alimento de origen animal con algún tratamiento tecnológico que requieren cadena de frío (refrigeración/congelación), y que de no observarse estas condiciones podrían causar una enfermedad transmitida por alimentos (ETA)[9]. La refrigeración del queso es muy importante, puesto que rupturas de la misma inducirán a la multiplicación de bacterias de riesgo: *Brucella* y *Mycobacterium, Clostridium botulinum, Salmonella, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli*[8].

El crecimiento de *S. aureus*, en general, oscila entre 7° a 48 °C (óptimo 37°C), el intervalo de pH de crecimiento está entre 4 y 9,3, con un óptimo entre 7,0 y 7,5[11]. *S. aureus* se aísla con frecuencia de la piel *S. aureus* se adapta con facilidad a las condiciones cambiantes del medio, por lo que puede generar resistencia a los antibióticos utilizados para el tratamiento de infecciones estafilocócicas, desarrollando múltiples mecanismos de resistencia. La intoxicación alimentaria estafilocócica resulta del consumo de alimentos que contienen una o más enterotoxinas preformadas[2]. Los alimentos involucrados contienen *S. aureus*, que se ha multiplicado por encima de 10^5 UFC/g de alimento y producido enterotoxinas, este nivel indica las condiciones insalubres en las cuales el producto puede ser perjudicial para la salud[14]. La presencia de residuos de antibióticos en la leche es un problema que aqueja a toda la industria lechera, debido a que cantidades mínimas de antibióticos en la leche representan un problema de salud pública, otro problema relacionado con los antibióticos es la clara interferencia en el procesado de queso, mantequilla y yogurt. Su presencia disminuye el ácido y afecta el sabor característico de la mantequilla. En el caso de los quesos, la presencia de antibióticos disminuye el cuajado de la leche y causa una mala maduración. Basados en estos problemas, los residuos de antibióticos en leche han atraído la atención a nivel mundial de los consumidores **[9].** El Codex Alimentarius señala que en alimentos como la leche y productos lácteos la higiene, manipulación, almacenamiento y transporte son de gran importancia y deben llevarse a cabo de forma que se evite su contaminación y se reduzca al mínimo la posibilidad de aumentar su carga microbiana[9], es crucial lograr condiciones adecuadas de almacenamiento, transporte y manipulación del producto final en los mercados donde se comercializa[10].

Como forma de prevención de una ETA, se establece que cuando los alimentos se obtienen con una carga baja de estafilococos permanecerán libres de enterotoxinas y de otros peligros, si se mantienen debajo de 40°F (4,4°C) o por encima de 140°F (60°C) hasta el consumo**[13]**.

La contaminación de alimentos por *S. aureus* puede ocurrir directamente desde los animales de consumo, los cuales pueden estar infectados, o puede resultar de la manipulación o manejo inadecuado de alimentos durante su procesado, almacenamiento o comercialización, que permiten el crecimiento del microorganismo y producción de sus enterotoxinas[1, 3].

El estudio de la susceptibilidad antimicrobiana de las cepas tiene especial interés dado la posibilidad de transferencia de los genes de resistencia a antimicrobianos entre los microorganismos de igual o diferente género y especie, y que, a su vez, pueden infectar al ser humano a través de la cadena alimentaria[6]. Por otro lado, permite evaluar en el laboratorio la respuesta de un microorganismo a uno o varios antimicrobianos. Por lo antes expuesto este trabajo se fijó como.

OBJETIVO: Determinar la resistencia microbiana de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de quesos frescos que se expenden en los mercados de la Delegación de Tláhuac ciudad de México.

MATERIAL Y METODOS

PARTE EXPERIMENTAL

-*Diseño del estudio* Descriptivo, transversal, prospectivo.

-*Materiales* Queso frescos. *Tamaño de la muestra y plan de muestreo* Se recolectaron 40 muestras, las cuales corresponden a 10 muestras de queso fresco por mercado la Delegación de Tláhuac ciudad de México. Los mercados muestreados fueron: Zapotitla, Sta. Catarina, Tláhuac y mercado De la Colonia Mar (Medina). La unidad de muestra representativa fue de 100 g de queso, tomándose 2 muestras de cinco puestos o puntos de venta por mercado. La recolección se llevó a cabo en las mismas condiciones en que es distribuido en el punto de venta y recogiéndose cortes de la parte superior, central e inferior del alimento[23]. Muestreo aleatorio probabilístico[23]. Que se llevó a cabo en los meses de noviembre a diciembre del 2022. Las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno y transportadas en caja de poliestireno con hielo hacia el laboratorio del Cepario de La Universidad Autónoma Metropolitana Microbiología Xochimilco. Para mantener la refrigeración de las mismas (0 - 4ºC) [2] fueron procesadas dentro de las 2 horas posteriores al muestreo.

-Metodología en el laboratorio

. -Aislamiento de Staphylococcus aureus: Preparación y dilución de los homogenizados de muestras Se pesó 10 g representativos de la muestra a analizar, y en condiciones de asepsia se añadió la muestra a una licuadora conteniendo 90 mL de agua peptonada al 0,1% y se homogenizó (dilución 10-1). se realizó la dilución 10^{-2} en agua peptonada al 0,1%; a partir de esta dilución se prepararon las diluciones 10^{-3} y 10^{-4}.

-*Recuento* de Staphylococcus aureus: Por método de siembra directa en placas de agar Baird Parker[17]. - Se prepararon diluciones de la muestra en placas Petri a razón de 15 mL en cada una y se dejó solidificar y secar. - Se sembraron 0,1 mL de homogenizado y de sus diluciones, se incubaron las placas a 37ºC durante 30 a 48 hrs. - Pasado el tiempo de incubación, se eligieron placas que contenían entre 20 y 200 colonias aisladas y se contaron todas las colonias - Se seleccionaron las colonias sospechosas de *S. aureus* para realizar las pruebas de identificación. Las colonias aisladas de *S. aureus* se conservaron en tubos con caldo TSB y glicerol 10% v/v, y congelados a -20°C, para someterlas posteriormente a pruebas de identificación**[24]**.

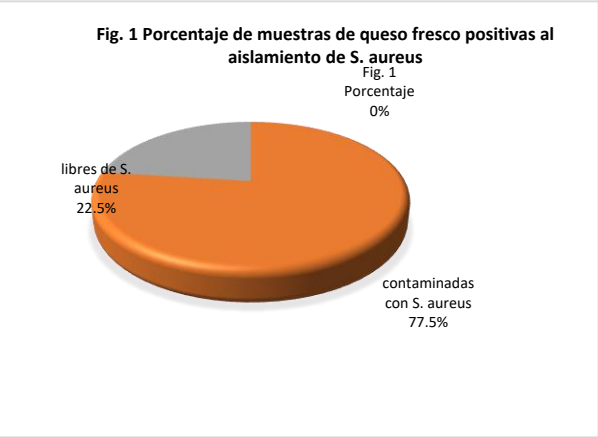
-Pruebas de Identificación

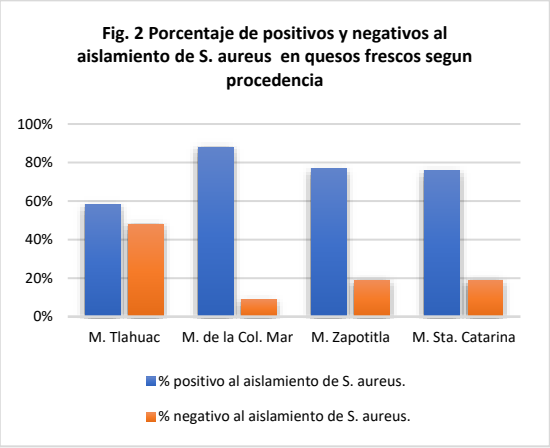
Prueba de Coagulasa[17] - Las colonias sospechosas de ser estafilococos coagulasa positivo se sembraron en caldo BHI (Brain Heart infusión) y se incubaron durante 18 a 24 horas a 35-37ºC. se transfirió 0, 1 mL de cultivo a tubos de 10x 75mm conteniendo 0,3 mL de plasma de conejo y se incubaron en Baño María 35- 37º C. - Se observaron la formación de coágulos en el intervalo de 4 horas. fueron observadas a diferentes intensidades (1+, 2+, 3+, 4+). a partir de 3+ de intensidad se consideró resultado positivo.
Prueba de DNasa[18] - Se prepararon placas con Agar DNA. - Se inoculó un asa con crecimiento en la superficie de la placa y se incubaron 18-24 horas a 35-37°C. - Se agregó HCl 1N como indicador, para la precipitación del ADN polimerizado y hace al medio opaco, halo transparente alrededor de la colonia, corresponde a zonas de hidrólisis del ADN, y así, fue considerada la reacción positiva.
Prueba de Manitol[18]: - Se prepararon las placas con Agar Sal Manitol. - Se sembró en superficie de la muestra por estría, y se incuba a 35-37°C, 18-24 h. A las 24 horas se visualizó colonias amarillas si es resultado positivo.
*-Prueba de Sensibilidad por el Método de Difusión en Disco Kirby Bauer**[18]***
Preparación del estándar (0,5 Mc. Farland). Para estandarizar la densidad del inóculo se estandarizo una suspensión de sulfato de bario (0,5 de la escala de Mc. Farland).
- *Preparación del inóculo*. Del microorganismo aislado de las muestras incubadas por 18-24 h, se seleccionaron colonias aisladas y se preparó una suspensión directa en solución salina al 0,9 %. Y la suspensión se ajustó inmediatamente a la escala 0,5 de Mc. Farland. Se realizó a la vez, una suspensión con la bacteria de referencia (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923).
-Aplicación: Los discos de sensibilidad utilizados fueron: gentamicina, penicilina, vancomicina, norfloxacino y oxacilina. a. Se colocaron los discos individuales sobre la superficie del agar
Incubación Se incubaron las placas a 35°C dentro de los 15 minutos posteriores a la aplicación de los discos, por un periodo de 24 horas. Después de incubación se midieron los diámetros de los halos alrededor de cada disco, zonas de inhibición completa (incluyendo el diámetro del disco), usando un vernier. que puede ser detectado mediante observación visual. Los diámetros de inhibición fueron interpretados basándose en tabla N°7 en anexo Nº 3. La sensibilidad de la cepa

bacteriana fue reportada como sensible (S), intermedio (I) o resistente (R) [18]. Toda esta metodología fue aplicada conforme a La Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (*ICMSF*).

RESULTADOS

De las 40 muestras de quesos frescos, procedentes de 4 mercados de la Delegación de Tlahuac, CDMX. 31 muestras de queso (77,5%) resultaron contaminadas con *S. aureus*; asimismo todas éstas presentaron recuentos del microorganismo mayores a 10^5 UFC/g. De las muestras positivas, se logró aislar 33 cepas sospechosas, confirmándose 31 cepas de *S. aureus* coagulasa positivas mediante las pruebas de coagulasa, Sal y manitol, DNAsa. Las 31 cepas aisladas e identificadas resultaron resistentes a penicilina (n=30, 96,77%), oxacilina (n=24, 77,42%), gentamicina (n=1, 3,23%), norfloxacino (n=1, 3,23%). También presentaron sensibilidad a vancomicina (n=31, 100%), gentamicina (n=30, 96,77%) y norfloxacino (n=30, 96,77%) **Tablas 1 y 2, Figura 3).** Asimismo las cepas 1, 5, y 24 fueron resistentes a uno, dos y tres antibióticos, respectivamente (ver Tabla 6). La resistencia de cepas de *S. aureus* a dos o más antibióticos representó el 80,64% (25/31).





De las 40 muestras de quesos frescos analizadas, 31 de ellas (77,5%) presentaron contaminación con *S. aureus* .

Las muestras contaminadas con *S. aureus* presentaron mayor porcentaje las provenientes del mercado De la Colonia Mar (90%), seguido de los mercados Zapotitla (80%), Santa Catarina (78%) y Tláhuac (60%).

Tabla 1. Perfil de Sensibilidad Antimicrobiana de cepas de *S. aureus* coagulasa positivas

Cepa por muestra	PRUEBA DE SENSIBILIDAD				
	Gentamicina	Penicilina	Vancomicina	Norfloxacina	Oxaciclina
C1	S	R	S	S	R
C2	S	R	S	S	R
C3	S	R	S	S	R
C4	S	R	S	S	S
C8	S	R	S	S	R
C10	S	R	S	S	R
C12	S	R	S	S	R
C13	S	R	S	S	R
C14	S	R	S	S	S
C15	R	R	S	S	R
C16	S	R	S	R	I
C17	S	R	S	S	R
C18	S	R	S	S	R
C19	S	S	S	S	R
C20	S	R	S	S	R
C21	S	R	S	S	S
C24	S	R	S	S	R
C25	S	R	S	S	R
C26	S	R	S	S	S
C27	S	R	S	S	R
C28	S	R	S	S	S
C29	S	R	S	S	R
C30	S	R	S	S	S
C31	S	R	S	S	R
C32	S	R	S	S	R
C33	S	R	S	S	R
C34	S	R	S	S	R
C35	S	R	S	S	R
C36	S	R	S	S	R
C37	S	R	S	S	R
C38	S	R	S	S	R

*Leyenda: R = Resistente, S = Sensible, I = Intermedio

Se muestra la susceptibilidad de cepas *de S. aureus* coagulasa positivas a los antibióticos seleccionados y disponibles para el estudio, mediante la medición del diámetro del halo de inhibición, clasificándolas como resistente, sensible e intermedio de acuerdo al manual - PAHO.

Tabla 2. Porcentaje de la susceptibilidad antibiótica de cepas *de S. aureus* coagulasa positivas

ANTIBIOTICO	Nº cepas	Sensible		Resistente		Intermedio	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%
Gentamicina	31	30	97.1	1	3.3	0	0
Penicilina	31	1	3.3	30	97.1	0	0
Vancomicina	31	31	100	0	0	0	0
Norfloxacina	31	30	97.1	1	1	0	0
Oxacilina	31	6	19.35	24	24	1	3.3

Se muestra la susceptibilidad de las cepas de *S. aureus* coagulasa positivas por cada antibiótico evaluado en el estudio.

Tabla 3. Porcentaje de cepas de *S. aureus* coagulasa positivas que presentan resistencia a antibióticos

Antibióticos	N° cepas	Cepas con resistencia	
		N°	%
Penicilina	31	5	16,12
Penicilina, Oxacilina	31	24	77,42
Gentamicina, Penicilina, Oxacilina	31	1	3,23

Se muestra la resistencia de las cepas de *S. aureus* coagulasa positivas a uno, dos y tres antibióticos.

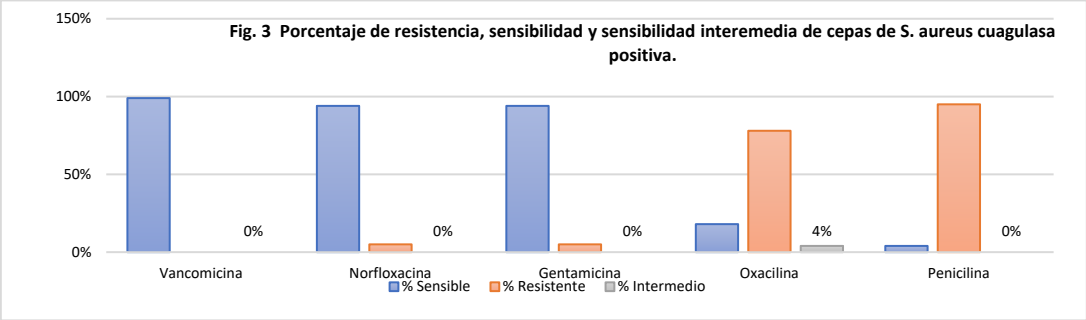


Fig. 3 Porcentaje de resistencia, sensibilidad y sensibilidad interemedia de cepas de S. aureus cuagulasa positiva.

Se muestra los porcentajes de resistencia de cepas de *S. aureus* coagulasa positivas, mayor para penicilina (96,77%), oxacilina (77,42%), menor para gentamicina (3,23%) y norfloxacina (3,23%). También los porcentajes de sensibilidad a vancomicina (100%), gentamicina (96,77%) y norfloxacina (96,77%) además la sensibilidad intermedia a oxacilina (3,23%).

DISCUSIÓN:

El queso es una de las principales fuentes proteicas de mayor consumo de las cuales se aíslan con mayor frecuencia estafilococos coagulasa positivos; la humedad y nutrientes brindan un sustrato ideal para el crecimiento y desarrollo de S. aureus[4 ,6]. Este es un microorganismo muy versátil, capaz de adaptarse a la presión selectiva de los antibióticos y generar resistencia que fácilmente se puede propagar en la comunidad a través del consumo de los alimentos[1, 5, 6, 12, 16], a su vez se relaciona con ETA como la intoxicación alimentaria, por su habilidad de producir enterotoxinas termoestables[1,3,11,17].

La contaminación del queso con *S. aureus*, puede ocurrir directamente desde los animales de consumo, los cuales pueden estar infectados y por ende también sus productos alimentarios[1-3, 15], como quesos frescos por la utilización de leche cruda y sin pasteurizar[6, 12.] . Por otro lado, no se siguen las normas de higiene adecuadas, lo que trae como consecuencia que el producto obtenido resulte contaminado o que esta contaminación se genere después de elaborado, como consecuencia de un inadecuado almacenamiento (sin refrigeración) o a la exposición ambiental (equipo y superficies) en los lugares donde se comercializa y/o por parte de los manipuladores de alimentos (portadores) según Puig et al[6], FDA[9]. Además, existe un alto riesgo de aumento de la población microbiana durante su comercialización [1, 8, 19, 20].

En el presente estudio, los mercados presentaron muestras contaminadas De estos mercados se ha provisto de alimentos, debido a la infraestructura de las instalaciones y las deficientes condiciones higiénicas y saneamiento en el proceso de elaboración o almacenamiento representan un riesgo para el consumidor; posiblemente estas características de los espacios de venta sean factores de contaminación de las muestras de queso recolectadas en el presente estudio. Ante lo señalado es crucial lograr condiciones adecuadas de almacenamiento, transporte y manipulación del producto final en los mercados donde se comercializa, así lo proponen en trabajos similares diferentes autores[8].

Los resultados del análisis de 40 muestras de queso, 31 de ellas (77,5%) presentaron contaminación con *Staphylococcus aureus,* porcentaje similar a lo reportado por Zuta[4], (75%) y Alvarado et al[1] (83%). Todas las 31 muestras contaminadas presentaron recuentos de *S. aureus* por encima de 10^5 UFC/g, valores superiores a lo establecido por la norma NOM-115-SSA1-1994, que indica un rango de 10-10^2 UFC/g de queso para ser considerado apto para consumo humano. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Zuta[4], donde obtuvo (46,7%), y similares a lo obtenido por Cristobal y Maurtua[8] (87,2%) de quesos frescos artesanales.

Estudios previos señalan que niveles de contaminación de *S. aureus* superiores a 10^6 UFC/g pueden favorecer la producción de enterotoxinas estafilocócica en condiciones ambientales adecuadas tal como lo reporta Bécquer[21]. La FDA[9] menciona que niveles superiores a 10^5 UFC/g, son un indicador de condiciones no sanitarias en que el alimento puede estar envuelto y ser dañinos para la salud.

En el caso del antibiograma realizado, la resistencia a penicilina se reporta ampliamente en el estudio (96,77%). La penicilina ha sido el tratamiento de elección para la mastitis bovina desde 1940, y a nivel mundial se reporta este fenotipo de resistencia como el más comúnmente observado, según Valero et al [12]. Estudios similares obtuvieron porcentajes menores como el de Puig et al[6] (2015), 52,9%, Alvarado et al1 (2011), 52,5%, y Rivera et al[22] (2011) un 44% en cepas de *S. aureus aisladas*

de queso. Para Cedillos y Guerra[8] (2012), el 100% presentaron resistencia a la penicilina, siendo similares a los obtenidos en el presente estudio.
En el presente estudio el uso de discos de oxacilina pudo indicar una posible detección de cepas de SARM, aunque para asegurar esto se debe confirmar la presencia del gen específico mediante pruebas, como Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Los resultados del estudio presentaron resistencia (77,42%) superiores a lo obtenido por Puig et al[6] (24,1%), Rivera et al[22] (20%), Alvarado et al[1] (15%). Estas cepas resistentes a oxacilina también presentaron resistencia a penicilina, lo que afirmaría lo señalado por el CLSI[22].
Se presenta una alta sensibilidad a la gentamicina (96,77%) en el presente trabajo que es comúnmente obtenida por autores como Alvarado et al[1] y Rivera et al[22] (100%). Sin embargo, la obtención de una cepa resistente (3,23%) a este antibiótico, similar a lo obtenido por Puig et al[6] (0,7%), afirmaría lo señalado por Solimano[13]que la gentamicina usada con frecuencia en el ganado bovino para contrarrestar problemas respiratorios e infecciones gastrointestinales, puede generar resistencia de manera rápida.
En el caso del norfloxacino, se utilizó para evaluar la susceptibilidad a las quinolonas. Cabe mencionar que el enrofloxacino y ciprofloxacino son los medicamentos más utilizados en veterinaria[14], pero existe la posibilidad de mostrar resistencia como lo obtenido en el presente estudio (3,23%). Todas las cepas mostraron ser susceptibles a vancomicina (100%), similar a lo que obtuvo Alvarado et al[1]. La vancomicina que no es utilizada en medicina veterinaria, sin embargo, es probada para monitorear el grado de susceptibilidad y resistencia[14].
La alta resistencia múltiple (80,64%), es decir a dos o más antibióticos en los aislados de queso fresco es similar a la obtenida por Cedillos y Guerra[8] frente a tres antibióticos (80%), señalando que la causa puede ser un indicador del uso indiscriminado de antibióticos en los animales ya que estos se utilizan en el tratamiento y prevención de mastitis en vacas lecheras y en el tratamiento de diversas enfermedades.
Los resultados obtenidos en este trabajo podrían significar el potencial riesgo que supone el consumo de este producto debido a la contaminación presente y la propagación de resistencia a antibióticos a la comunidad. El hallazgo de cepas de *S. aureus* con resistencia a más de un antibiótico, indica la necesidad de promover el uso racional de éstos en veterinaria y clínica, con el fin de evitar la aparición y propagación de cepas resistentes. Esto requerirá que se adopten medidas educativas y preventivas dirigidas a los manipuladores de alimentos en toda la cadena alimentaria.

CONCLUSIONES

1. La presencia *Staphylococcus aureus* provenientes de los 4 mercados de la alcaldía Tláhuac está fuera del límite máximo de contenido microbiano 1000 UFC/g que permite la Norma Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994, en quesos frescos 2. Las cepas de *S. aureus* coagulasa positivas aisladas, presentaron mayor resistencia a penicilina (96,77%), oxacilina (77,42%), y menor para gentamicina (3,23%) y norfloxacino (3,23%). El descubrimiento de cepas de *S. aureus* con resistencia a más de un antibiótico, indica la necesidad de promover el uso racional de éstos en práctica clínica veterinaria, con el fin de evitar la aparición y propagación de cepas resistentes a estos antinicrobianos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- Alvarado V, Mora M, Arias M, Rojas N, Chaves C. Resistencia antimicrobiana de cepas de Staphylococcus aureus, Costa Rica. Revista costarricense de Salud Pública. 2011; 20(2): 102-106.
2.- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. Uso de Antimicrobianos en Animales de Consumo. Incidencia del desarrollo de resistencias en la salud pública. Revista Producción y Sanidad Animal. 2004: 1-56.
3.- Argudín M, Mendoza M, Rodicio M. Food poisoning and Staphylococcus aureus enterotoxins. Toxins. 2010; 2(7):1751-73.
4.- Zuta N. Aplicación de la reacción en cadena de polimerasa (PCR) para la detección de enterotoxinas en Staphylococcus aureus aislados de alimentos en la ciudad de Lima. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú 2009.
5.- Pahissa A. Infecciones producidas por Staphylococcus aureus. 1° Edición. Editorial ICG Marge, SL, Valencia 558, Barcelona, España, 2009, pp. 34-45.

6.- Puig Y, Espino M, Leyva V, Apórtela N, Pérez Y, Soto P. Resistencia a los antimicrobianos en cepas de Staphylococcus coagulasa positiva aisladas en alimentos y manipuladores. RCAN Revista. Cubana Alimentación y Nutrición. 2015; 25(2): 245-260. Disponible en: www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol_25_2/Articulo_25_2_245_260.pdf
7.- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. Producción y productos lácteos.
8.- Cedillos R, Guerra J. Determinación de la multirresistencia microbiana de Staphylococcus aureus, aislado a partir de diferentes fuentes que intervienen en la elaboración del queso fresco artesanal proveniente de dos queserías. [Trabajo de Graduación en Química y Farmacia]. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador, Centro América; 2012.
9.- Codex Alimentarius. Leche y Productos Lácteos. 2° Edición. Roma, Italia, 2011, pp. 191-224.
10.- Cristóbal R, Maurtua D. Evaluación bacteriológica de quesos frescos artesanales comercializados en Lima, Perú, y la supuesta acción bactericida de Lactobacillus spp. Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am J Public Health 2003; 14(3): 158 – 164.
11.- Food and Drug Administration. Bad Bug Book. Handbook of Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins. 2° Edición. 2012, pp. 87-91.
12.- Koneman E, Winn W, Allen S, Janda W, Procop G, Schreckenberg P, Woods G. Koneman Diagnóstico Microbiológico. 6° Edición. Editorial Panamericana. Buenos Aires, Argentina, 2008, pp. 595-606.
13.- Solimano G, Fernández C, Romero R, Falcón N. Antibacterianos de empleo frecuente en ganado bovino destinado a la producción de leche y carne en Lima, Perú. Una Salud. Revista Sapuvet de Salud Pública, 2011; 2 (2): 81-94.
14.- Cancho B, García M, Simal J. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: Perspectiva actual. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 2000; 3(1): 39-47. España.
15.- Andresen H. Mastitis: Prevención y Control. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2001; 12(2): 55-64.
16.- Organización Mundial de la Salud, OMS. Resistencia a los antibióticos. Nota Descriptiva. 2015.
17.- Fernández F, López J, Ponce L, Machado C. Resistencia Bacteriana. Revista Cubana Médica Militar. 2003; 32(1):44-48.
18.- Verraes C, Van S, Van E, Van Coillie E, Butaye P, Catry B, de Schaetzen M, Van Huffel X, Imberechts H, Dierick K, Daube G, Saegerman C, De Block J, Dewulf J, Herman L. Antimicrobial resistance in the food chain: a review. Int. J. Environ Res. Public Health. 2013; 10(7): 2643-69.
19.- Rivera J, Aranaga V, Zabala I, Atencio L, Navarro C, Mujica I. Staphylococcus aureus procedentes de quesos: Susceptibilidad a Antibióticos y su relación con plásmidos. Revista Científica FVC-LUZ. 2011; 21(3): 202-210.
20.- Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic resistance threats in the United States, 2013.
21.- Organización Mundial de la Salud, OMS. Resistencia a los antibióticos: infografías. 2015.
22.- Organización Mundial de la Salud, OMS. Resistencia a los antimicrobianos transferida por animales productores de alimentos. Red Internacional de Autoridades en materia de Inocuidad de los Alimentos (INFOSAN). Nota informativa Nº 2/2008 – Resistencia a los antimicrobianos. pp. 1-6.
23.- Norma Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de Staphylococcus aureus en alimentos
25.- Moreno B, Díez V, García M, Menes I, Gutiérrez L, Francisco J. ICMSF. Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para alimentos. Microorganismos de los alimentos 1: Su significado y método de numeración. 2° Edición, Editorial Acribia S.A., Zaragoza. España. 1999.
26.- Herrera F, Santos J. Presencia de Staphylococcus aureus meticilina- resistentes en queso doble crema artesanal. Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica. 2015; 18(1):29-37.

COMPOSICIÓN, CÉLULAS SOMÁTICAS Y PRUEBA DE REDUCTASA EN LA LECHE ENTREGADA EN EL CENTRO DE ACOPIO DE LOMA BONITA, OAXACA

[*]Arceo M.O.L., Juárez B.J.M., Zúñiga M.T., Aguilar M.C.U.

≈

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de leche entregada en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. Se tomaron 30 muestras de leche entregada por productores de manera regular en el centro de acopio. Las muestras fueron analizadas en laboratorio para medir la calidad composicional, conteo de células somáticas y tiempo de reducción del azul de metileno (prueba de reductasa). Los valores promedios para contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos fueron de 3.9 %, 3.2 %, 4.7 % y 8.5 %, respectivamente; en todas las variables la leche entregada por dos unidades de producción no cumplió con los límites mínimos establecidos por el centro de acopio. El conteo promedio de células somáticas fue de 379,000 CS mL^{-1}, sin embargo, el 63.3 % de las unidades de producción mostró valores que podrían indicar la presencia de mastitis subclínica. En cuanto a la prueba de reductasa, se encontró un tiempo promedio de 211 minutos, resultando que un 13.3 % de las muestras se clasificó como leche de buena calidad y el 86.6 % restante fue de calidad regular. Con base en los resultados se concluye que, la mayor parte de las unidades de producción que entregan leche en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca, cumple con las especificaciones para proteína, lactosa y sólidos no grasos, pero muestra conteos altos de células somáticas y, de acuerdo con la carga bacteriana medida de manera indirecta, es leche de buena a regular calidad.

Palabra clave: Calidad de leche, sistema de doble propósito, composición de leche, células somáticas, reductasa.

Introducción

La leche cruda de vaca se define como un producto destinado al consumo humano, que proviene de la secreción natural de las glándulas mamarias, sin calostro, sin sustracción de sus componentes y que no ha sido sometida a tratamiento térmico (LICONSA, 2007). Aunque la leche se considera uno de los alimentos más completos, su calidad puede ser afectada por varios factores como la genética, alimentación, número de lactancia y manejo de la vaca (Mortensen *et al*., 2010). Asimismo, la calidad de la leche procesada depende directamente de la calidad de la materia prima original y de las condiciones de transporte, almacenamiento y manipulación (SNV-DTC, 2017), desde su extracción hasta la llegada a la planta pasteurizadora.

La calidad de la leche cruda de vaca se puede abordar desde diferentes enfoques, incluyendo la cantidad de microorganismos presentes que potencialmente pudieran modificar sus características (higiénico), la presencia de agentes que pueden causar enfermedad en humanos (sanitario), o bien, estudiando sus características de composición (nutricional). Una buena calidad es indispensable para que la leche sea aceptada en las plantas pasteurizadoras.

La mala calidad de leche es un problema común en las unidades de producción de doble propósito asentadas en las regiones tropicales del país. Lo anterior se debe a que muestran alta heterogeneidad de genotipos, instalaciones y, sobre todo, manejo deficiente, así como temperaturas

[*] *Osiris Lizzeth Arceo Merales. Calle Benito Juárez # 32, Barrio Las Flores, Loma Bonita, Oaxaca. CP. 68400. lizzetharceo23@gmail.com, 01 (281)1024820.

y humedades relativas altas (Hernández-Castellano *et al*., 2019). Este tipo de condiciones son las que imperan en la ganadería bovina desarrollada en Loma Bonita, Oaxaca.

En 2019, comenzó a operar en Loma Bonita el centro de acopio regional que tiene la capacidad para captar diariamente hasta 20,000 litros de leche (SEGALMEX, 2021). Sin embargo, actualmente recibe solo 2,000 litros. La causa principal de este bajo volumen de captación es la alta tasa de rechazo que han enfrentado los productores, ya que en la mayoría de los casos la leche que entregan ha sido clasificada como de mala calidad debido a la acidez que presenta.

La identificación en el centro de acopio de los ganaderos que producen leche de mala calidad es complicada, debido a que en varias comunidades los productores mezclan la leche en un solo tanque de enfriamiento y la transportan y entregan en conjunto. De esta manera, la leche de mala calidad afecta a la leche entregada por los demás productores, incrementando el riesgo de rechazo. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nutricional, cantidad de células somáticas y carga bacteriana estimada en la leche entregada al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca.

Material y Métodos

Características del sitio de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Cuenca del Papaloapan e incluyó unidades de producción ubicadas en localidades de Oaxaca (El Obispo y Loma Bonita) y Veracruz (Estación Dobladero, Villa Azueta y Laguna Lagarto). El clima de la región es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, con una temperatura promedio anual de 25 C, precipitación pluvial superior a 1,800 mm anuales, a una altitud de 30-80 m.s.n.m. (García, 2004; Soto *et al*., 2019).

Unidades de producción incluidas

Las unidades de producción incluidas en el estudio fueron todas aquellas que entregan leche de manera regular en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. Actualmente, un aproximado de 30 productores entregan su producto al centro de acopio en dos modalidades: entrega de leche caliente y de leche fría.

Toma y manejo de las muestras

En el caso de los productores que entregan leche caliente, la toma de muestras se llevó a cabo al terminar la ordeña en el rancho. En los productores que entregan leche fría, la toma de muestras ocurrió previo a que el productor vaciara su producto en el tanque de enfriamiento. La toma de muestras consistió en extraer directamente de las perolas o recipientes de almacenamiento, aproximadamente 100 mL de leche, los cuales fueron depositados en un recipiente de plástico estéril. Las muestras fueron colocadas en una hielera y transportadas al Laboratorio de Sanidad Animal y Microbiología, de la Universidad del Papaloapan, *campus* Loma Bonita, donde fueron analizadas.

Determinación de la calidad nutricional de la leche, conteo de células somáticas y carga bacteriana estimada

La calidad nutricional de la leche se determinó midiendo el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos, mediante el equipo automatizado Ekomilk® Bond Total (modelo 40S, Bulteh 2000, Bulgaria). Para llevar a cabo el análisis de cada muestra, se tomaron 20 mL de leche. Las muestras se analizaron por duplicado para descartar lecturas erróneas, de acuerdo con lo recomendado por el fabricante.

El conteo de células somáticas se utilizó como un indicador del estado de salud de la glándula mamaria. Se llevó a cabo mediante equipo Ekomilk Scan® (modelo Scan, Bulteh 2000, Bulgaria). Para este análisis, las muestras de leche fueron calentadas a 20°C y filtradas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Para realizar el análisis, se colocaron en el equipo 10 mL de leche y 5 mL del reactivo EkoPrim®. Los resultados se reportaron como número de células somáticas por mL. El conteo de células somáticas se tomó como referencia para agrupar las muestras de leche de

acuerdo a lo establecido por Moroni *et al*. (2018) y Skeie (2010), para determinar la presencia de mastitis subclínica en tanque y la cantidad de células somáticas asociadas a degradación de los componentes de la leche.

La determinación indirecta (estimación) de carga bacteriana se realizó mediante la prueba de reductasa. Para realizarla, se tomó una muestra de 10 mL de leche previamente agitada, se colocó en un tubo de ensayo estéril con tapón y se agregó 1 mL de solución acuosa de azul de metileno al 0.085 %. El tubo se cerró y el contenido se invirtió dos veces para mezclar la leche con el colorante. Se incubó a 37°C evitando la exposición de los tubos a la luz. Se registró la hora de inicio de la incubación y el tiempo en el que ocurrió la decoloración.

Análisis estadístico

El análisis de las variables de calidad nutricional de la leche, conteo de células somáticas y los resultados de la prueba de reductasa se realizó mediante estadística descriptiva, calculando los valores promedio, desviación estándar y rangos. Para el conteo de células somáticas y resultados de la prueba de reductasa se establecieron diferentes categorías y se calculó el porcentaje de productores que se clasificaron en cada una de ellas.

Resultados

Calidad nutricional de la leche entregada en el centro de acopio

Los resultados referentes al contenido de grasa y proteína de la leche entregada en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca se muestran en la Figura 1.

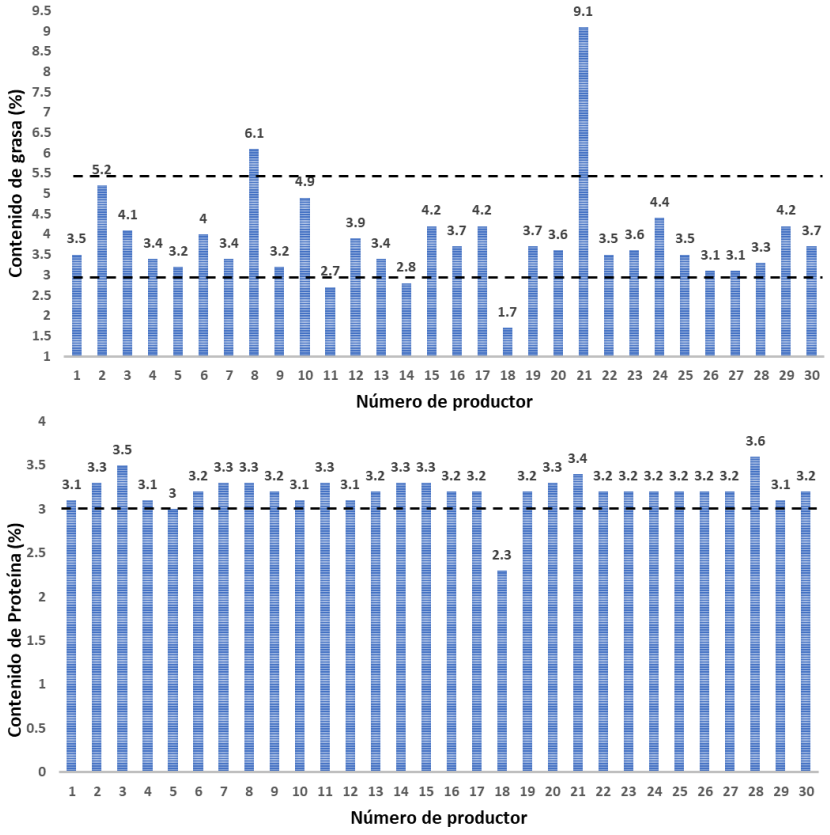


Figura 1. Contenido de grasa y proteína de la leche entregada al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. Las líneas punteadas marcan los límites inferior y superior (grasa) o inferior (proteína) dentro de las especificaciones para la leche cruda señaladas por la NMX-F-700-COFOCALEC-2012 y FAO (2023).

El contenido promedio de grasa en leche de las unidades de producción muestreadas fue de 3.9 %, con un rango de 1.7 % a 9.1 %. Para la proteína, el contenido promedio fue de 3.2 %, con un rango de 2.3 % a 3.6 %. Para ambos parámetros, 28 y 29 de los 30 productores que entregan leche cumplieron con los límites establecidos en la guía para la recepción de la leche cruda en el centro de acopio de Loma para el contenido de grasa y proteína, respectivamente.

El contenido de lactosa y solidos no grasos de la leche entrega en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca se presenta en la Figura 2. El contenido de lactosa mostró un valor promedio de 4.7 %, dentro de un rango entre 3.3 % y 5.1 %. Asimismo, el contenido de SNG tuvo un valor promedio de 8.5 %, con un rango de 6.1 % a 9.2 %. En ambos casos, 29 de los 30 productores cumplieron con el contenido mínimo establecido en la guía para la recepción de la leche cruda en el centro de acopio.

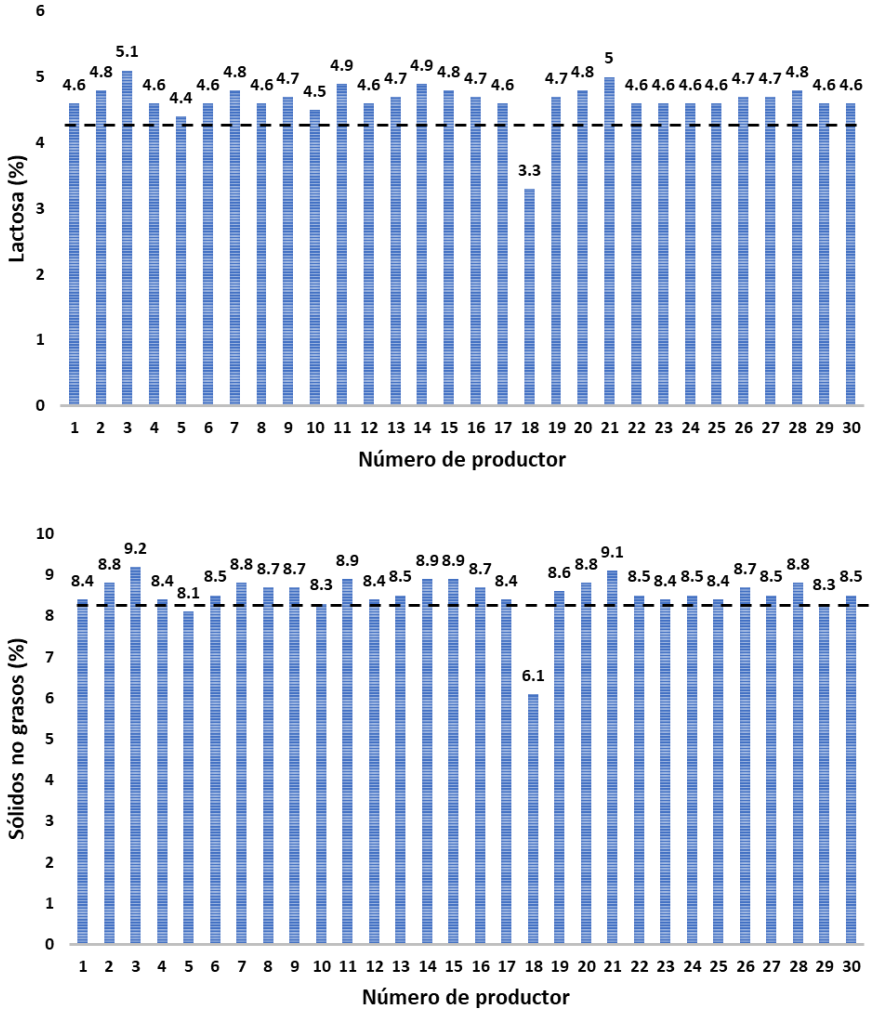


Figura 2. Contenido de lactosa y sólidos no grasos de la leche entregada al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. Las líneas punteadas marcan el límite inferior dentro de las especificaciones para la leche cruda señaladas por la NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

Conteo de células somáticas

Los resultados del conteo de células somáticas en la leche entregada en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca se muestra en la Figura 3.

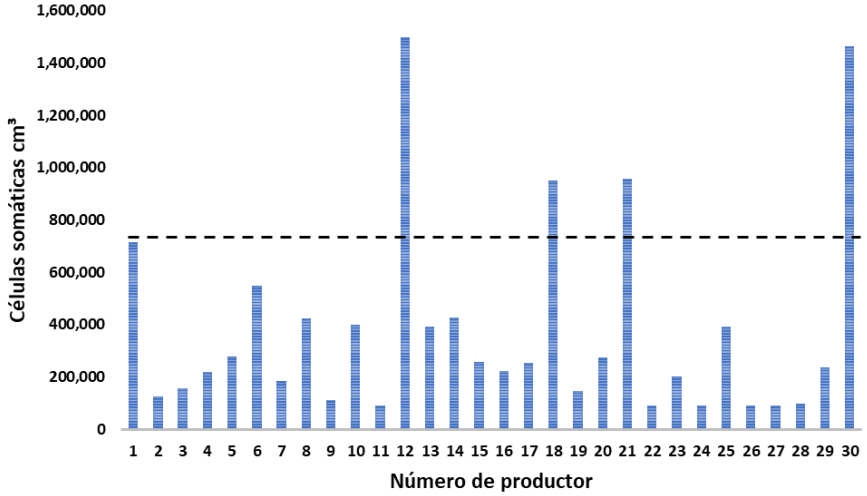


Figura 3. Conteo de células somáticas de la leche entregada al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. La línea punteada marca el límite máximo permitido dentro de las especificaciones para la leche cruda señaladas por la NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

El conteo promedio de células somáticas fue de 379,800 CS mL^{-1}, con un valor mínimo y máximo de 90,000 y 1,500,000 CS mL^{-1} respectivamente. Cuando se considera como criterio el límite que establece SADER-LICONSA (2019) para aceptar la leche sin ningún tipo de castigo económico (750,000 CS mL^{-1}), se observó que el 86 % de los productores cumplió, mientras que el 13.3 % restante no cumplió.

El agrupar las muestras de leche en función del contenido de células somáticas, en las mismas categorías utilizadas en el diagnóstico para la prueba de California (Cuadro 1), permite determinar la presencia de mastitis subclínica.

Cuadro 1. Porcentaje de muestras de leche entregada por diferentes unidades de producción al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca, agrupadas con base en las recomendaciones de Moroni et al. (2017) y Skeie (2010)

Categoría	Rango de CS (CS mL^{-1})*	Porcentaje de muestras
Normal	0-200,000	36.7
Mastitis subclínica	>200,000-500,000	43.3
Degradación de componentes	>500,000	20

*Categorías de acuerdo a la prueba de California.

La distribución de muestras de leche en las distintas categorías permite observar que el 36.7% se clasificó como normal con un rango entre 0-200,000 CS mL-1 y el 43.3% mostró conteos en un intervalo de 500,000 y >200,000 CS mL^{-1}, con una alta proporción de animales con mastitis subclínica. El 20% de las muestras restantes presentó conteos superiores a 500,000 CS mL^{-1}, lo que es indicativo de que algunos animales presentan mastitis subclínica.

Determinación de la carga bacteriana mediante la prueba de reductasa

La estimación de la carga bacteriana mediante la prueba de reductasa se observa en la Figura 4.

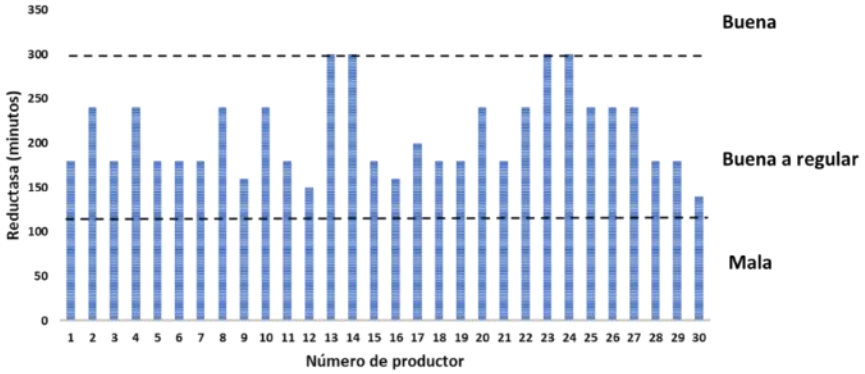


Figura 4. Resultados de la prueba de reductasa de la leche entregada al centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca. Las líneas punteadas definen la calidad de la leche de acuerdo con lo especificado por la NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

El tiempo promedio de reducción del azul de metileno fue de 211 minutos, con un rango de 140 a 300 minutos. Con base en el tiempo de reducción del azul de metileno, la leche se puede clasificar en tres categorías: leche de buena calidad, leche de buena a regular calidad y leche de mala calidad (SADER-LICONSA, 2019). En el Cuadro 2 se observa el tiempo de reducción del azul de metileno asociado a cada categoría, el contenido de unidades formadoras de colonias estimado y el porcentaje de productores que entregó leche al centro de acopio en cada una de las categorías.

Cuadro 2. Clasificación de la leche de acuerdo con el tiempo de reducción de azul de metileno en unidades de producción que entregan leche en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca.

Clasificación de la leche	Tiempo de reducción de azul de metileno (min)	Contenido microbiano estimado UFC mL^{-1}	Porcentaje de muestras
Buena calidad	5 horas (300)	10,000-200,000	13.3
Buena a regular calidad	2 a 4 horas (120 a 240)	200,000 a 2 millones	86.6
Mala calidad	Menor a 120	2 a 10 millones	0

UFC= Unidades Formadoras de Colonias.

La mayor parte de los productores entregó leche de calidad buena a regular (86.6 %), mientras que el 13.3 % restante, entregó leche de buena calidad.

Discusión y Conclusiones

En términos generales, la calidad composicional de la leche entregada, se encuentra dentro de los límites establecidos por el centro de acopio de Loma Bonita. Únicamente se observaron

irregularidades en la leche entregada por dos productores. En el primer caso (Productor 21), el contenido de grasa en leche fue extremadamente alto (9.1 %), mientras que los otros parámetros composicionales se mantuvieron en valores normales. Aunque la grasa es el elemento de la leche más variable (Hanuš *et al*., 2018), los valores tan altos observados en este estudio no se pueden explicar por la raza utilizada ni por la alimentación. Los resultados obtenidos y lo observado en la unidad de producción, permiten deducir que, el incremento en la cantidad de grasa se debió a una adulteración por parte del productor. En el otro caso (Productor 18), se observó que todos los parámetros de composición de la leche se encontraron disminuidos, lo que podría indicar una posible adulteración con agua, la presencia de mastitis subclínica o alta carga bacteriana (Referencia).

Los conteos de células somáticas indican que la leche entregada por cuatro productores (Productores 12, 18, 21 y 30) sobrepasaron el límite establecido por el centro de acopio (750,000 CS mL^{-1}). Sin embargo, se ha establecido que cuando se realiza el conteo de células somáticas a nivel de tanque, este debe ser menor a 300,000 CS mL^{-1}, lo que indica que la leche proviene de animales sanos (Moroni *et al*., 2017). Los conteos de células somáticas superiores a 500,000 CS mL^{-1} se relacionan con una mayor actividad proteolítica y una menor concentración de grasa y caseína (Skeie, 2010), lo que da como resultado un menor rendimiento en la producción de queso. De acuerdo con lo anterior, en este trabajo, se observó que el 63.3 % de las unidades de producción muestra una alta proporción de animales enfermos de mastitis subclínica y, el 20 % muestra niveles de células somáticas que se pueden relacionar con algún tipo de degradación de los componentes de la leche.

La calidad microbiológica de la leche entregada en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca se midió de manera indirecta a través de la prueba de reductasa, la cual consiste en medir el tiempo de reducción del azul de metileno. El tiempo promedio de reducción del azul de metileno fue de 211 minutos, con un rango de 140 a 300 minutos. Un mayor tiempo en la reducción del azul de metileno indica la presencia de menor cantidad de bacterias y viceversa (Vanegas, 2011).

Todas las muestras analizadas tuvieron un tiempo de reducción del azul de metileno superior a los 120 minutos establecidos como límite por el centro de acopio (SADER-LICONSA, 2019). Lo anterior, permitió clasificar la leche entregada como de buena a regular calidad (86.6 %) y de buena calidad (13.3 %), indicando que, si bien los productores cumplen con los criterios de higiene mínimos, sus prácticas podrían mejorar para disminuir la carga bacteriana.

Se concluye que, la mayor parte de las unidades de producción que entregan leche en el centro de acopio de Loma Bonita, Oaxaca, cumple con las especificaciones del centro de acopio para proteína, lactosa y sólidos no grasos, pero muestra conteos altos de células somáticas y, de acuerdo a la carga bacteriana medida de manera indirecta, es leche de buena a regular calidad.

Literatura citada

Calderón, R. A., Rodríguez, R. V., Vélez, R. S. 2007. Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de Montería, Colombia. Revista MVZ Córdoba. 12(1):912-920.

Calderón-Rangel, A., Rodríguez, V. C, Martínez, H. N. 2013. Determinación de adulterantes en leches crudas acopiadas en procesadoras de quesos en Montería (Córdoba). Orinoquia. 17(2):202-206.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2023. Portal lácteo. Recogida y transporte. Disponible en: https://www.fao.org/dairy-production-products/processing/collection-and-transport/es/. Consultado en marzo de 2023.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a Ed. Instituto de Geografía. UNAM. Serie libro Núm. 6. 90 p.

Hanuš, O., Samková, E., Křížová, L., Hasoňová, L., Kala, R. 2018. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factor son their variability-A review. Molecules. 23(7):1-32.

Hernández-Castellano, L. E., Nally, J. E., Lindahl, J., Wanapat, M., Alhidary, I. A., Fangueiro, D., Grace, D., Ratto, M., Bambou, J. C., de Almeida A. M. 2019. Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. Tropical Animal Heatlh and Production. 51:1009-1017.

LICONSA (Leche Industrializada Conasupo, S. A. de C. V.). 2007. Manual de normas de control de calidad de leche cruda. Disponible en: http://liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/man-nor-cont-cal-lec-cruda-hist.pdf.

Moroni, P., Nydam, D. V., Ospina, P. A., Scillieri-Smith, J. C., Virkler, P. D., Watters, R. D., Welcome, F. I., Zurakowski, M., Ducharme N. G., Yeager, A. M. 2018. Diseases of the teats and udder. En: Peek, S. F., Drivers, T. J. (eds.). Rebhun's diseases of dairy cattle. 3ª ed., St. Louis Missouri, USA. Elsevier. pp 389-465.

Mortensen, G., Andersen, U., Nielsen, J. H., Andersen, H. J. 2010. Chemical deterioration and physical instability of dairy products. En: Skibsted et al. (eds). Chemical deterioration and physical instability of food and beverages. Woodhead Publishing Limited. Cornwall, United Kigdom. Pp. 726-762.

Norma Mexicana (NMX-F-700-COFOCALEC-2012). Sistema producto leche-Alimento lácteo-Leche cruda de vaca. Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.

Razz, R., Clavero, T. 2007. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la composición química de la leche en vacas doble propósito pastoreando Panicum maximum - Leucaena leucocephala. Revista científica 17(1):53-57.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) - LICONSA (Leche Industrializada Conasupo S.A. de C.V). 2019. "Guía para el control de calidad en la recepción de leche cruda en centros de acopio".

SEGALMEX (Seguridad Alimentaria Mexicana). 2021. Centro de acopio de leche de Loma Bonita, Oaxaca. Consultado el 11 de diciembre de 2021. Disponible en: https://www.gob.mx/segalmex/articulos/centro-de-acopio-de-leche-en-loma-bonita-oaxaca?idiom=es.

Skeie. S. 2010. Milk quality requirements for cheesemaking. En: Griffiths, M. W. (ed.). Cornwall, UK. Woodhead Publishing Limited. pp. 433-453.

SNV (Stichting Nederlandse Vrijwilligers)-DTC (Dairy Training Center). 2017. Hygienic and quality milk production. Training package for dairy extension workers. Disponible en: https://snv.org/cms/sites/default/files/explore/download/hygienic_and_quality_milk_production_training_manual_and_guideline.pdf.

Soto, M. V. H., Alanís, M. J. L., Pech, C. J.M. 2019. Un año de observaciones meteorológicas en Loma Bonita, Oax., México; una referencia climatológica para su industria agropecuaria. Revista científica Biológico agropecuaria Tuxpan. 7(2):206-221.

Vanegas, D. B., Martínez, M. 2011. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaque Cundinamarca y su comercialización (Colombia). Revista Sistemas de Producción Agroecológicos. 2(2):92-115.

EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DE LECHE CRUDA DE VACA Y CABRA EN EL ESTADO DE MÉXICO

[*]Silva S.M.A., Puente B.J.J., Santiago R.M.R., Rodríguez L.G.

Resumen

Se evaluó la calidad fisicoquímica de leche cruda de vaca y cabra en el Estado de México, tomando en consideración variables como grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales, punto crioscópico y agua añadida como factor de adulteración. El estudio se realizó de enero del 2022 a mayo del 2022 en 6 unidades de producción de leche de vaca (1360 vacas en lactancia) y 5 unidades de producción de leche de cabra (260 cabras en lactancia) que pertenecen al Estado de México, en dos sistemas de producción: estabulación total (SE) y pastoreo con suplementación y encierro nocturno (SP). Los resultados del análisis fueron: grasa 4.7, sólidos no grasos 7.8, densidad 26.6, sales 0.75, agua agregada 6.21, temperatura 18ºC, punto crioscópico -0.48 y pH 6.42.

Introducción

Existen diversos factores que influyen en la disminución de la calidad de la leche debido a que es un producto sumamente vulnerable a riesgos microbiológicos que podrían afectar su calidad sanitaria debido a su humedad, lactosa, pH y alto contenido de proteínas proveen un medio ideal para el crecimiento bacteriano, esto representa un peligro potencial para la salud pública si no se aplican sistemas de minimización de riesgos contemplando las etapas desde la producción, ordeño y hasta su transporte y transformación. Una alta carga de bacterias contaminantes en la leche disminuye la vida útil de los productos elaborados y disminuye la calidad organoléptica y nutricional (Frau et al., 2010; SADER, 2017).

Una de las principales problemáticas que enfrentan los productores y transformadores de leche, es la inadecuada calidad fisicoquímica de la materia prima (Gómez-Ruiz WJ et al., 2012; Santos-Lavalle et al., 2018), lo cual genera pérdidas económicas a las unidades productivas y disminución en los rendimientos en los procesos de transformación, por otro lado es recomendable conocer de manera precisa las características fisicoquímicas de la leche para regiones y sistemas de producción, que permitan al productor tomar medidas para corregir alteraciones en la composición y al transformador tomar decisiones correctas en relación al tipo de producto y proceso.
En México las especificaciones fisicoquímicas de leche cruda basan en la NOM-155-SCFI-2012. “Leche-denomiacioines, especificaciones fisicoquímicas, informacion comercial y métodos de prueba” Cuadro 1.

[*] *Miguel Ángel Silva Salas, Km. 2.5 Carr. Amecameca-Ayapango. Amecameca, Estado de México. C.P. 56900. jpuenteb@uaemex.mx, 5513981011.

Cuadro 1

Especificaciones fisicoquímicas de la leche en México NOM-155-SCFI-2012

Especificaciones	Límite
Densidad	1.029
Grasa	30
Acidez	1.3 – 1.7 %
Sólidos no grasos	83 %
Punto crioscópico	-0.510 y -0.536 ºC
Lactosa	43 – 52 %
Caseína	24 %
Proteína	30 %

Materiales y métodos

El estudio se realizó de enero del 2022 a mayo del 2022 en 6 unidades de producción de leche de vaca (1360 vacas en lactancia) y 5 unidades de producción de leche de cabra (260 cabras en lactancia) que pertenecen al Estado de México, en dos sistemas de producción: estabulación total (SE) y pastoreo con suplementación y encierro nocturno (SP).

Se clasificaron las cabras dependiendo de sus características fenotípicas, las cuales se dividieron en tres grupos, los cuales quedaron de la siguiente manera: tipo lechero (son cruzas entre razas lecheras, como Toggenburg, Alpina y Sannen) también llamado mosaico lagunero y tipo criollo (son animales que no presentan características fenotípicas de razas lecheras ni cárnicas) y tipo nubio (el fenotipo dominante es de la raza Nubia) (Montaldo, 2010)

El muestreo de leche se realizó de Abril a Mayo del 2022 con una periodicidad de 7 días; de cada día se tomaron 200 ml de leche del tambo de cada UP, y se depositó en un frasco estéril del cual se tomó una alícuota de 30 mL para su análisis fisicoquímico, se mantuvo en conservación de 2 a 4°C y se trasladó al laboratorio Universitario de Microbiología e Inocuidad de los Alimentos del CU UAEM Amecameca; durante su traslado, máximo 4h, se evitó la exposición al sol y al polvo (Subsecretaria de Lechería, 2020).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica de la leche cruda de cabra y vaca de acuerdo a la norma de referencia en México.

Análisis fisicoquímico

Se tomó una alícuota de 30 mL y se mantuvo la muestra a temperatura ambiente para hacer la muestra, posteriormente se la muestra homogenizó y se efectuó el análisis de espectrofotometría infrarroja en un MilkoScan Minor (Lactoscan) (Schettino-Bermúdez *et al*., 2018). Los resultados, obtenidos por triplicado se dieron en términos de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales, punto crioscópico y agua añadida.

Los resultados se analizaron empleando estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis fisicoquímico de la leche cruda de vaca se muestran en el Cuadro 2 y cabra en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Resultados del análisis fisicoquímico de leche bovina en el estado de México

	Media	*Desviación estándar*	*Varianza*	*Max*	*Min*
Grasa	4.70	2.51	6.18	12.26	0.35
Solidos no grasos	7.83	0.87	0.74	9.62	4.66
Densidad	26.66	3.89	14.86	34.12	12.41
Lactosa	4.13	0.47	0.22	5.08	2.41
Solidos totales	0.75	0.06	0.00	0.92	0.58
Proteínas	2.90	0.34	0.12	3.57	1.74
Agua agregada	6.21	7.61	56.94	38.52	0
Temperatura	18.02	3.55	12.40	27.40	11.53
Punto crioscópico	-0.48	0.05	0.00	-0.31	-0.6
pH	6.6	0.11	0.01	6.60	5.9

(Elaboración propia)

Cuadro 3

Resultados del análisis fisicoquímico de leche cruda caprina en el estado de México

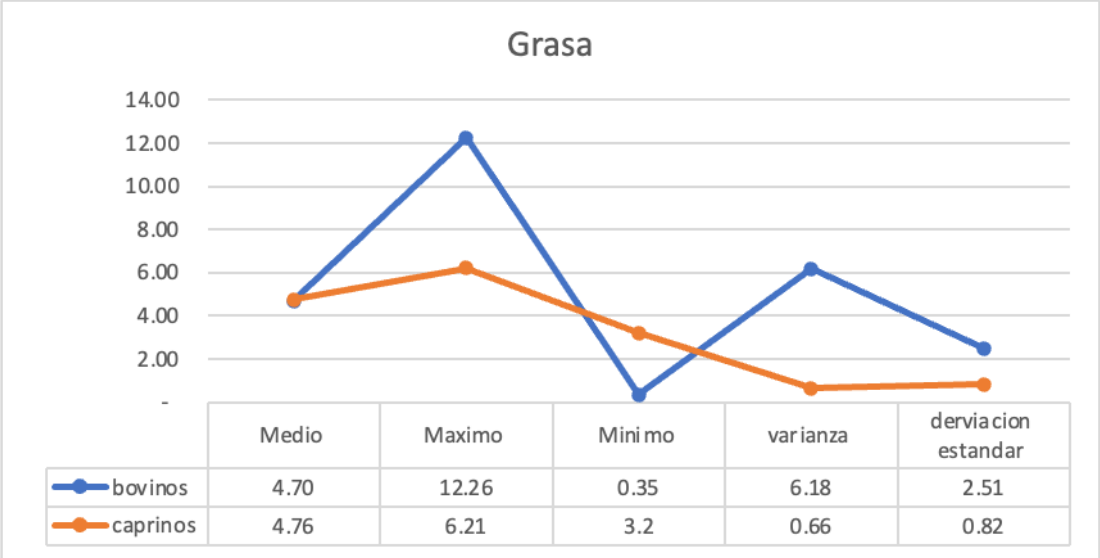
	Media	*Desviación estándar*	*Varianza*	*Max*	*Min*
Grasa	4.76	0.82	0.66	6.21	3.2
Solidos no grasos	8.64	1.11	1.07	12.83	6.74
Densidad	26.66	3.89	14.86	34.12	12.41
Lactosa	3.93	0.11	0.33	4.69	3.54
Solidos totales	12.56	9.28	3.08	15.5	0.08
Proteínas	3.42	4.42	2.51	0.56	0.31
Agua agregada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Temperatura	18.02	3.55	12.40	27.40	11.53
Punto crioscópico	-0.55	-0.00	-0.05	-0.42	-0.59
pH	6.42	0.11	0.01	6.60	5.9

Elaboración propia

De acuerdo con la Norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-SCFI-2012 los resultados fisicoquímicos los puntos evaluados para las leches de vaca y cabra en el trabajo están dentro de los valores considerados aceptables para la leche cruda establecida por la misma. algunos resultados similares y otros bastante diferentes a otros estudios de Perú, Cuba, Venezuela, etc.

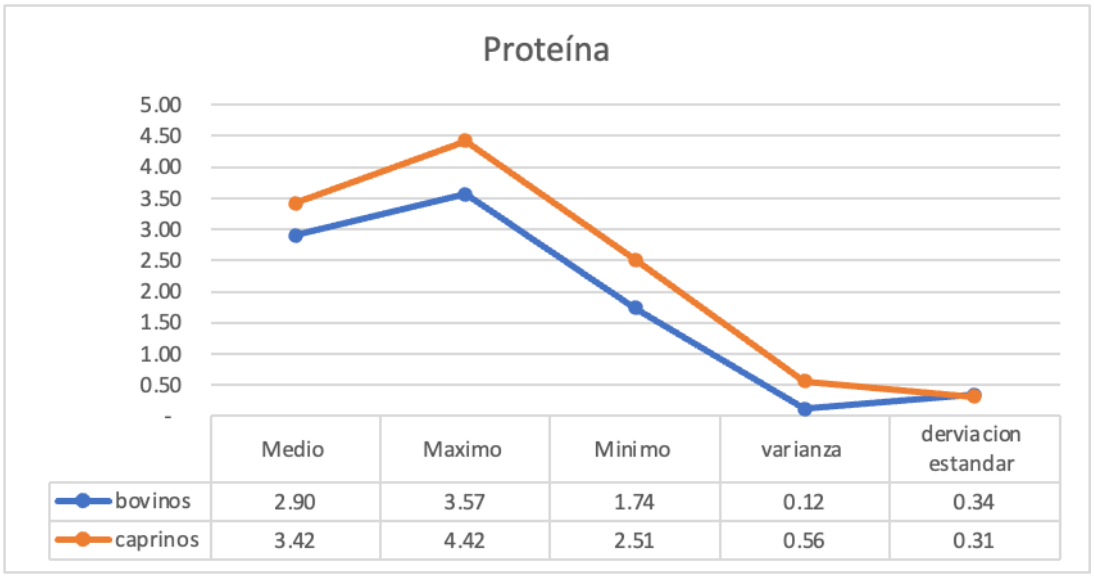
En las siguientes gráficas se muestran los resultados comparativos de los principales componentes fisicoquímicos de la leche cruda de vaca y cabra.

Gráfica 1. Composición fisicoquímica (grasa) de leche de vaca y cabra



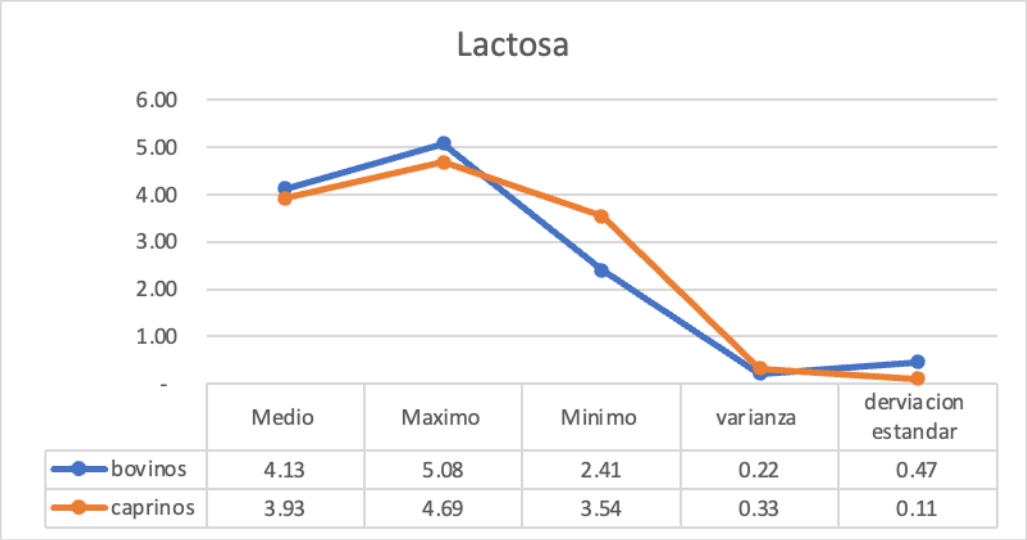
	Medio	Maximo	Minimo	varianza	derviacion estandar
bovinos	4.70	12.26	0.35	6.18	2.51
caprinos	4.76	6.21	3.2	0.66	0.82

Gráfica 2. Composición fisicoquímica (proteína) de leche de vaca y cabra



	Medio	Maximo	Minimo	varianza	derviacion estandar
bovinos	2.90	3.57	1.74	0.12	0.34
caprinos	3.42	4.42	2.51	0.56	0.31

Gráfica 2. Composición fisicoquímica (latosa) de leche de vaca y cabra



	Medio	Maximo	Minimo	varianza	derviacion estandar
bovinos	4.13	5.08	2.41	0.22	0.47
caprinos	3.93	4.69	3.54	0.33	0.11

Los resultados del análisis fisicoquímico de la leche cruda de ambas especies están dentro de lo marcado por la Norma oficial mexicana NOM-155-SCFI-SCFI-2012.

Para el caso de la leche de cabra los resultados de los componentes de proteína, lactosa, sólidos no grasos y sólidos totales son mayores a los encontrados en Apaseo el Grande Guanajuato, México (Schettino-Bermúdez et al., 2018) y en Brasil (A. Lôbo et al., 2017) y similares a los reportados para Austria e Israel (G. Leitner et al., 2016; Mayer & Fiechter, 2012) , los datos reportados para cabras por otros autores son similares (A. M. B. O. Lôbo & Lôbo, 2015; Vacca et al., 2018) , no así en el caso de la grasa, la cual se obtuvo un ligero aumento.

Para los resultados del análisis fisicoquímico de la leche cruda de vaca los resultados son similares para ganado tipo Holstein en Cuba, Perú y Venezuela.

Literatura citada

FAO. (2021c). *Pequeños rumiantes* . FAO . https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/small-ruminants/es/

Frau, S., Togo, J., Pece, N., Paz, R., & Font, G. (2010). *Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero*. *109*(1), 9–15.

Gómez-Ruiz WJ, Pinos-Rodríguez JM, Aguirre-Rivera JR, & García-López JC. (2012). Analysis of a goat milk cheese industry in a desert rangeland of Mexico. *Pastoralism: Research, Policy and Practice.*, 2 (1)-5.

Montaldo H., Torres-Hernández G, & Valencia-Posadas M. (2010). Goat breeding research in Mexico. Small Ruminant Research. *Small Ruminant Research*, 89 (2-3)-155–163.

NOM-155-scfi-2012. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm

SADER. (2017). La caprinocultura en México. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*.
Santos-Lavalle, R., Flores-Verduzco, J. J., Cervantes-Escoto, F., Salas-González, J. M., & Sagarnaga-Villegas, L. M. (2018, July 1). Opportunities for goat farmers in Guanajuato, Mexico, in the marketing of fine cheese. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, *9*(3), 601–613. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4500
Schettino-Bermúdez, B. S., Gutiérrez-Tolentino, R., Vega y León, S., Escobar-Medina, A., Pérez-González, J. J., & González-Ronquillo, M. (2018). Composición láctea y perfil de ácidos grasos en leche de cabra de Guanajuato, México. *Revista de Salud Animal*, *40*(2).
Subsecretaria de Lechería. (2020). *"Programa nacional lechero" Manual para transportistas de leche cruda*.
Lôbo, A., Lôbo, R., Facó, O., Souza, V., Alves, A., Costa, A., & Albuquerque, M. (2017). Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. *Small Ruminant Research,*
153, 9-16.
Leitner, G., Lavon, Y., Matzrafi, Z., Benun, O., Bezman, D., & Merin, U. (2016). Somatic cell counts, chemical composition and coagulation properties of goat and sheep bulk tank milk. *International Dairy Journal, 58*, 9-13.

Mayer, H. K., & Fiechter, G. (2012). Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. *International Dairy Journal, 24*(2), 57-63

Vacca, G. M., Stocco, G., Dettori, M. L., Pira, E., Bittante, G., & Pazzola, M. (2018). Milk yield, quality, and coagulation properties of 6 breeds of goats: Environmental and individual variability. *Journal of dairy science, 101*(8), 7236-7247.

IDENTIFICACIÓN Y PERFIL DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS DE PATÓGENOS AISLADAS DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS DE CABRA DE SISTEMAS FAMILIARES EN MÉXICO.

Ricardo GID*, Hernández A.L.[2], Espinosa G.G., Rojas AE.[2], Corona G.L[3]., Mendoza E.S.E.[3]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [3]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán -UNAM

Resumen.

Los quesos frescos de cabra elaborados en sistemas familiares son normalmente elaborados bajo pobres condiciones higiénicas lo que se ve traducido en presencia de bacterias causantes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos. El objetivo de este trabajo fue identificar los agentes bacterianos potencialmente patógenos, así como su susceptibilidad a antimicrobianos a partir de muestras de quesos frescos de cabra, así como de la leche que les dio origen de 6 unidades familiares de producción caprina de las regiones norte, centro y sur de México. Se muestrearon 6 unidades de producción obteniendo muestra de leche cruda, así como del queso fresco elaborado a partir de la misma. La identificación de los microorganismos se realizó mediante bacteriología tradicional y la susceptibilidad a antibióticos mediante la técnica de Kirby-Bauer. A los resultados obtenidos se les aplico una prueba de U de Mann-Whitney para comparar los perfiles generales de resistencia entre las bacterias aisladas de leche cruda con las obtenidas de los quesos frescos. Las principales bacterias Gram positivas aisladas fueron *S. aureus, Staphylococcus* coagulasa negativo, diversas especies de *Streptococcus y Bacillus cereus*, en lo referente a las bacterias Gram negativas los principales aislamientos fueron: *E. coli, Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis y Pseudomona aeruginosa*. Las bacterias Gram positivas presentaron mayores porcentajes de resistencia para: ampicilina, cefotaxima, clindamicina, penicilina, tetraciclina, cefalotina y dicloxacilina, mientras que las Gram negativas para: ampicilina, carbenicilina, cefalotina, cefotaxima, nitrofurantoina y gentamicina. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de la implementación de las buenas prácticas pecuarias y de manufactura en la elaboración de este tipo de productos para evitar la presencia de microorganismos patógenos.

Introducción.

En México los sistemas de producción de leche caprina se han polarizado creando una brecha abismal entre ellos, por un lado se tienen aquellos cuyos propietarios que tienen una mayor capacidad de inversión económica, nivel educativo y aceptación de tecnología productiva, los cuales son denominados sistemas especializados y en el otro extremo se encuentran a los sistemas familiares los cuales son unidades productivas que se conforman de pequeños rebaños manejados directamente por un pastor, el cual realiza todas las actividades de manejo con ayuda de la familia, en términos generales, estas unidades son escasas en infraestructura, tienen bajos índices productivos y son deficientes en un manejo higiénico de la ordena y elaboración de quesos. El objetivo de este trabajo fue identificar los agentes bacterianos potencialmente patógenos, así como su susceptibilidad a antimicrobianos a partir de muestras de quesos frescos de cabra, así como de la leche que les dio origen de 6 unidades familiares de producción caprina de las regiones norte, centro y sur de México.

* Israel Daniel Ricardo González. Circuito Esterior de la Investigación S/N. Ciudad Universitaria. FMVZ UNAM dricardo007@hotmail.com

Materiales y Métodos:

Se muestrearon dos unidades de producción que fueran representativas de las principales zonas de producción de quesos frescos de cabra, siendo: Zona norte del país: Durango 01 y Durango 02, Zona centro del país: Querétaro 01 y Querétaro 02; y Zona sur del país: Campeche 01 y Campeche 02. Se tomaron muestras de leche cruda del tanque de almacenamientos en recipientes estériles de 50 ml de capacidad, para el caso de los quesos se tomaron de 2 a 3 muestras de queso elaborado a partir del tanque de leche muestreado, la muestra se obtuvo una vez elaborado el queso y pasado su tiempo de desuerado, se envolvió en el empaque habitual usado por productor para comercializarlo y en los casos en los que no se manejaron empaques, se pidió introducir las muestras en bolsas de plástico estériles de cierre hermético. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración hasta su llegada al laboratorio de bacteriología en el CENID Salud Animal e Inocuidad del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Tanto las muestras de leche cruda como las de quesos frescos fueron preparadas de acuerdo al protocolo descrito en la NOM-110-SSA1-1994, y fueron sembradas en agar Sangre y MacConkey para el caso de *Salmonella* se siguió el protocolo descrito en la NOM-114-SSA1-1994, así como siembra de colonias sospechosas en medios cromogénicos específicos para esta bacteria, adicionalmente las muestras se sembraron en medios enriquecidos como: Medio Farrel para aislamiento de *Burcella*, caldo listeria como medio pre enriquecimiento y agar Listeria para el aislamiento de *Listeria monocitogenes*. La identificación de las bacterias se realizó mediante tinción de Gram y pruebas bioquímicas de bacteriología tradicional. Los perfiles de susceptibilidad de las cepas aisladas a antimicrobianos selectos se determinaron por el método de Bauer-Kirby, utilizando multidiscos con los siguientes fármacos para microorganismos Gram positivos: Ampicilina, Cefotaxima, Ciprofloxacina, Clindamicina, Eritromicina, Penicilina, Tetraciclina, Cefalotina, Dicloxacilina, Gentamicina, Sulfametoxazol Trimetroprim y Vancomicina, mientras que para los microorganismos Gram negativos se utilizaron: Ampicilina, Carbenicilina, Cefalotina, Cefotaxima, Ciprofloxacina, Cloranfenicol, Nitrofurantoína, Amikacina, Gentamicina, Netilmicina, Norfloxacina y Sulfametoxazol Trimetropim. El análisis de los datos se les aplico estadística descriptiva, mientras que para la comparación de los perfiles de resistencia entre microorganismos aislados en leche cruda y quesos frescos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney.

Resultados.

En cuanto a las leches crudas en 5 de los 6 establecimientos muestreados se logró aislar *Staphylococcus aureus*, en las 6 se lograron aislar cepas de *Staphylococcus* coagulasa negativos, en todas las muestras se lograron aislar diversas especies de *Streptococcus,* en la muestra Q01 se logró aislar *Enterococcus faecalis* y en las muestras Q01 y C01 se lograron aislar *Listeria ivanovii* y *Listeria welsmeri* respectivamente. En el caso de patógenos Gram negativos en todas las muestras se logró aislar *E. coli*, en las muestras Q01, D01 y C02 se logró aislar *Pseudomonas aeruginosa,* en la muestra Q01 se aisló *Klebsiella pneumoniae* y en las muestras Q01 y C02 se aislaron cepas de *Sallmonella spp*, mientras que en Q02 y D02 se logró asilar *Proteus vulgaris* y *Proteus mirabilis* y en la muestra C02 se aisló *Citrobacter koseri*. Para el caso de los quesos en todas las muestras se aisló *S. aureus* y en 5 *Staphylococcus* coagulasa negativo, en todas se aisló especies de *Streptococcus* y en 3 se aislaron cepas de *Enterococcus faecalis*. Con respecto a las bacterias Gram negativas en todas las muestras se aislaron cepas de *E. coli*, en 4 muestras se aisló *Proteus mirabilis*, en 3 se aislaron cepas de *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii y Enterobacter aerogenes*. En ninguna de las muestras se logró asilar alguna cepa de *Brucella*. (Tabla 1). Al realizar los perfiles de resistencia para los microorganismos para microorganismos para el caso de los microorganismos Gram positivos se encontraron perfiles de resistencia por arriba del 50% para antibióticos como cefotaxima penicilina tetraciclina y dicloxacilina, esto para las muestras de leche y queso. Es importante resaltar que todos los aislados de *Staphylococcus, Streptococcus* y *Staphylococcus* coagulasa negativos presentaron un 100% de resistencia a penicilina (Grafica 1). Con respecto a las

muestras de patógenos Gram negativos se obtuvieron la mayoría de los patógenos aislados presentaron resistencias por arriba del 50% a Ampicilina, Nitrofurantoina y Gentamicina para el caso de las muestras de leche, en cuanto a las muestras de quesos la mayoría de las cepas aisladas presento resistencia por encima del 40% Ampicilina, Carbenicilina, Ciprofloxacina, Cloranfenicol y Gentamicina, de las bacterias aisladas, *Proteus vulgaris, Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa y E. coli* fueron las bacterias que presentaron un perfil más amplio de resistencia. (Grafica 2). Al realizar la comparación de los promedios generales de resistencia para bacterias obtenidas de leche versus las obtenidas en quesos mediante la prueba de U de Mann-Whitney no se encontró diferencia significativa (Tabla 2).

Discusión.

Los hallazgos obtenidos en este trabajo muestran el impacto que llega a tener la falta de buenas prácticas de ordeño y de manufactura que se llegan a presentar en las unidades familiares de producción caprina, no solo afectando la calidad fisicoquímica y sanitaria del producto final que en este caso es el queso, si no la presencia de microorganismos patógenos que pueden ser causantes de enfermedades transmitidas por alimentos. Como microorganismos Gram positivos es importante resaltar la presencia en casi todas las muestras de *S. aureus*, así como diversas especies de *Streptococcus y Staphylococcus* coagulasa negativos ya que tanto la leche como el queso son algunas de las principales fuentes de las cuales se aíslan con mayor frecuencia, debido a que este tipo de alimentos representan una importante fuente de nutrientes para los microorganismos mencionados, y son el sustrato ideal para el crecimiento y desarrollo de los mismos. El hecho de encontrar especies del género Listeria representa una probabilidad muy alta de poder encontrar *Listeria monocitogenes* en este tipo de producto. Por otro lado, el encontrar una gran variedad de bacterias Gram negativas consideradas como enterobacterias habla ~~del hecho~~ de la falta de higiene que se presenta tanto al momento de obtener la leche que se utilizará como materia prima como del proceso de manufactura de los quesos. Con respecto a los perfiles de resistencia es de resaltar el alto nivel de resistencia encontrado en este estudio para cepas de *S. aureus, Streptococcus, Staphylococcus coagulasa negativos, E. coli, Proteus vulgaris, Proteus mirabilis y Pseudomonas aeruginosa*; sin duda el incremento de la resistencia a los antimicrobianos de uso común, junto con la aparición de resistencia a los fármacos de última generación, suelen ser el resultado de la adquisición por la bacteria de múltiples genes de resistencia que le permiten sobrevivir al ataque de una amplia variedad de estos productos.

Conclusiones.

En este estudio se evidenció la presencia de bacterias consideradas patógenas y causantes de enfermedades transmitidas por alimentos en quesos frescos de cabra así como en la leche que les dio origen producidos en sistemas familiares de México, poniendo de manifiesto el impacto de la falta de buenas prácticas pecuarias y de manufactura en estas unidades productivas manifestándose como contaminación por deficiencias higiénico-sanitarias durante la cadena productiva, lo cual implica un riesgo a la salud pública aunado al ~~hecho del~~ creciente perfil de resistencia a los antimicrobianos que presentan este tipo de microorganismos.

Tabla 1 Aislamientos bacterianos obtenidos a partir de muestras de leche y quesos frescos de cabra producidos en sistemas familaires.

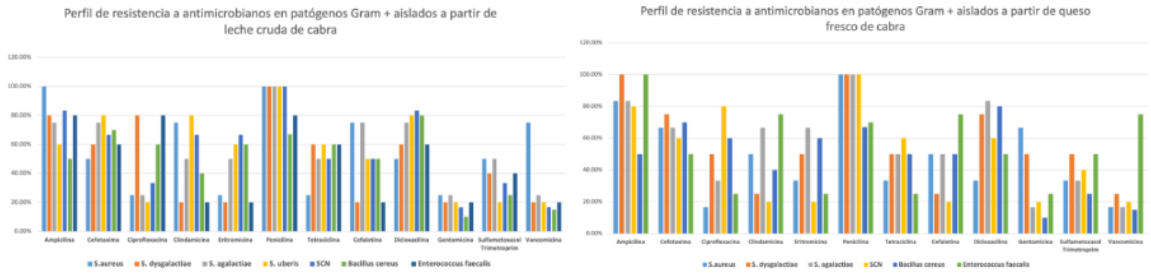
Aislamientos bacterianos en quesos frescos de cabra

	Q01	Q02	D01	D02	C01	C02
Gram +	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis Enterococcus Faecalis*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus dysgalactie Enterococcus Faecalis*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis Streptococcus dysgalactiae*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis Enterococcus Faecalis*	*Staphylococcus aureus Streptococcus agalactiae Bacillus cereus Enterococcus Faecalis*
Gram -	*E. coli Enterobacter aerogenes Pseudomonas aeruginose Klebsiella pneumoniae Pseudomonas aeruginose*	*E. coli Klebsiella oxytoca Proteus mirabilis Enterobacter aerogenes Citrobacter freundii*	*E. coli Proteus mirabilis Enterobacter aerogenes Citrobacter freundii Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa*	*E. coli Enterobacter aerogenes Klebsiella oxytoca*	*E. coli Citrobacter freundii Proteus mirabilis Enterobacter cloacae Salmonella spp Enterobacter aerogenes Klebsiella pneumoniae*	*E. coli Citrobacter freundii Proteus mirabilis Enterobacter aerogenes Klebsiella oxytoca Klebsiella pneumoniae*

Aislamientos bacterianos en tanques de leche cruda de cabra

	Q01	Q02	D01	D02	C01	C02
Gram +	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus dysgalactiae Streptococcus uberis Bacillus cereus Enterococcus faecalis*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus agalactiae Streptococcus dysgalactiae Corynebacterium spp Listeria ivanovii*	*SCN Streptococcus uberis*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis Streptococcus dysgalactiae*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus dysgalactiae Streptococcus uberis Listeria welshmeri*	*Staphylococcus aureus SCN Streptococcus uberis Streptococcus agalactiae Bacillus cereus*
Gram -	*E. coli Klebsiella oxytoca Klebsiella pneumoniae Pseudomonas aeruginosa Salmonella spp.*	*E. coli Klebsiella oxytoca Proteus mirabilis Proteus vulgaris*	*E. coli Pseudomonas aeruginosa*	*E.coli Pseudomonas aeruginosa Proteus vulgus Proteus mirabilis*	*E. coli Klebsiella oxytoca Klebsiella pneumoniae Proteus mirabilis*	*E. coli Citrobacter koseri Pseudomonas aeruginosa Salmonella spp.*

Grafica 1. Perfil de resistentencia de microorganimos Gram positivos aislados de leche cruda y quesos frescos de cabra.



Grafica 2. Perfil de resistentencia de microorganimos Gram positivos aislados de leche cruda y quesos frescos de cabra.

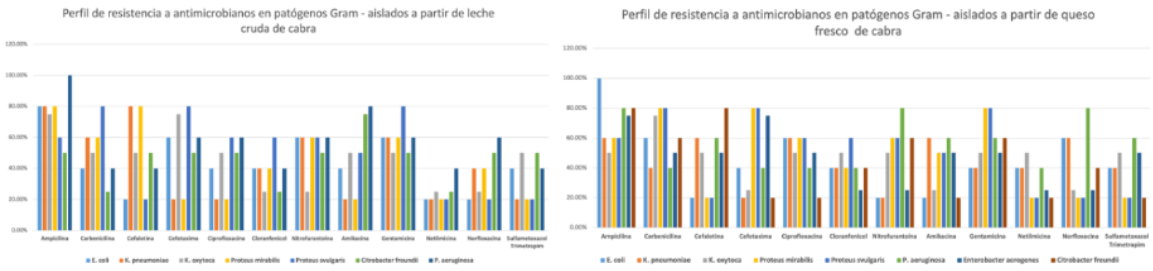


Tabla 2. Comparación de los promedios de porcentajes de resistencia de bacterias Gram positivas y negativas aisladas de leche y queso fresco de cabra.

Gram positivos				Gram negativos			
	Leche	Queso	P		Leche	Queso	P
Ampicilina	79.67	86.67	0.31	Ampicilina	75.00	68.33	0.534
Cefotaxima	66.33	67.08	1.00	Carbenicilina	50.71	62.5	0.366
Ciprofloxacina	36.67	45.00	0.62	Cefalotina	48.57	38.33	0.628
Clindamicina	58.33	40.42	0.78	Cefotaxima	52.14	47.5	0.945
Eritromicina	44.33	42.50	0.90	Ciprofloxacina	42.86	55	0.181
Penicilina	100.00	100.00	1.00	Cloranfenicol	38.57	45	0.295
Tetraciclina	49.00	48.33	0.79	Nitrofurantoína	53.57	48.33	0.628
Cefalotina	54.00	36.25	0.24	Amikacina	47.86	44.16	1.00
Dicloxacilina	69.67	62.92	0.71	Gentamicina	60.00	58.33	0.731
Gentamicina	21.32	38.32	0.53	Netilmicina	24.29	35.00	0.181
Sulfametoxazol Trimetroprim	38.67	39.17	0.89	Norfloxacina	36.43	44.16	0.628
Vancomicina	31.33	19.58	0.37	Sulfametoxazol Trimetropim	34.29	38.33	0.731

Financiamiento:

Recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología animal. CENID SAI INIFAP-SADER.

CONACYT-Programa de Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. FMVZ UNAM.

Referencias bibliograficas.

Rodríguez-Gallegos, R., Álvarez-Fuentes, G., Rendón-Huerta, J. A., Morales-Rueda, J. Á., García-López, J. C., & Olvera-Vargas, L. A. (2022). Diagnóstico de la calidad sanitaria de queserías artesanales en Salinas, San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *13*(2), 340–356. https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5729

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES FAMILIARES DE PRODUCCIÓN CAPRINA Y CALIDAD SANITARIA DE LECHE CRUDA Y QUESOS FRESCOS.

Ricardo GID*, Hernández A.L.[2], Espinosa G.G., Rojas AE.[2], Corona G.L[3]., Mendoza E.S.E.[3]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [3]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán -UNAM

Introducción.

La caprinocultura nacional generalmente se desarrolla en áreas no aptas para la agricultura, la mayor parte corresponde a los agostaderos de regiones áridas y semiáridas o del altiplano, en muchos de los casos, esto debido a las limitaciones que se presentan para criar especies de ganado mayor. El manejo sanitario de los animales en estas unidades productivas es deficiente, impactando directamente sobre la calidad sanitaria y fisicoquímica de la leche cruda y de los quesos frescos producidas por estas.

Palabras clave: Calidad sanitaria, quesos frescos de cabra, leche cruda.

Objetivo.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar los sistemas productivos familiares en tres regiones de la república mexicana considerando el manejo de los animales, método de ordeño y procesamiento de la leche, así como la calidad sanitaria leche cruda como de los quesos frescos producidos por estas.

Material y metodos.

Se muestrearon dos unidades de producción que fueran representativas de las principales zonas de producción de quesos frescos de cabra, siendo: Zona norte del país: Durango 01 y Durango 02, Zona centro del país: Querétaro 01 y Querétaro 02; y Zona sur del país: Campeche 01 y Campeche 02. Adicional se muestreó una unidad de producción que implemento protocolos de buenas prácticas pecuarias y de manufactura que se tomo como referencia para los posteriores análisis estadísticos la cual está localizada en el estado de Querétaro identificada como DC.

Para la evaluación de las características de las unidades de producción se levantaron encuestas a cada uno de los productores, con preguntas relacionadas a: Alimentación y bebida, alojamientos, características del ordeño, sitio de ordeño, manejo del ordeño, manejo de la leche, Proceso de elaboración de queso, comercialización. Se estableció una escala Likert para cada uno de los rubros evaluados, con el fin de poder obtener un total de cada rubro evaluado y un total general para cada una de las unidades de producción. Se tomaron muestras pareadas del tanque de almacenamientos de leche cruda en recipientes estériles de 50 ml de capacidad, bajo las siguientes especificaciones: tubo uno sin ningún tipo de conservador y el tubo 2 utilizando azida de sodio a una concentración final de 0.024g/100 ml como conservador, ambos tubos fueron transportados en condiciones de refrigeración. Para el caso de los quesos se tomaron de 2 a 3 muestras de queso elaborado a partir del tanque de leche muestreado, la muestra se obtuvo una vez elaborado el queso y pasado su tiempo de desuerado, el queso se envolvió en el empaque habitual usado por productor para comercializarlo y en los casos en los que no se manejaron empaques, se pidió introducir las muestras en bolsas de plástico estériles de cierre hermético. Las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración hasta su llegada al laboratorio de bacteriología en el CENID Salud Animal e Inocuidad del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

La determinación de la calidad fisicoquímica de la leche de cabra fue realizada mediante el analizador automático MilkoScope determinadno contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y nitrógeno ureico, mientras que el conteo celular somático se realizó mediante citometría de flujo (Somascope NK2).

* Israel Daniel Ricardo González. Circuito Esterior de la Investigación S/N. Ciudad Universitaria. FMVZ UNAM dricardo007@hotmail.com

La determinación de la calidad sanitaria tanto de leche cruda como de quesos se realizó por duplicado siguiendo los siguientes protocolos: Preparación de las muestras: NOM-110-SSA1-1994, Determinación de mesófilos aerobios: NOM-092-SSA1-1994, Determinación de coliformes totales: NOM-113-SSA1-1994, Determinación de mohos y levaduras: NOM-111-SSA1-1994. Para el análisis de los datos obtenidos en las encuestas realizadas se realizó un análisis de clúster jerárquicos y un dendograma para determinar las similitudes relacionadas a aspectos de manejo de animales y manejo de ordeño en las unidades de producción.
A los resultados obtenidos a partir de las determinaciones de indicadores sanitarios y de calidad de leche cruda se les realizó un análisis de clúster jerárquicos para determinar similitudes en los resultados obtenidos, así como estadística descriptiva y un análisis de varianza y prueba de Tukey para determinar la existencia de diferencia estadísticas entre las unidades de producción analizadas. Con el fin de determinar el impacto de las medidas de manejo de animales, del ordeño y del proceso de manufactura del queso en relación con los indicadores sanitarios determinados en el presente estudio se realizó un análisis de correspondencias múltiples.

Resultados.
La suma total de los rubros evaluados en las unidades de producción familiar de queso fresco de cabra evaluadas fue similar con excepción de la unidad de producción Durango 01 y de la unidad de producción tomada como referencia ubica en el estado de Querétaro (DC) (Tabla 1). A partir de estos resultados se elaboró un análisis de cluster y un dendograma con el fin de caracterizar a las unidades de producción y encontrar similitudes entre ellas, encontrando similitudes en el manejo de animales, de leche y procesamiento de queso entre la unidad de producción utilizada como referencia (DC) y la unidad D01, por otro lado, las unidades Q01 y C01 se comportaron de manera similar, así como las unidades de producción Q02, D02 y C02.
En cuanto a los resultados de los indicadores sanitarios tanto la unidad de referencia DC como la unidad D01 con valores similares tanto en leche cruda como en quesos frescos mostrando diferencias estadísticas ($p<0.05$) con el resto de las unidades evaluadas para indicadores como mesófilos aerobios, coliformes totales y mohos. Para el caso del resto de las unidades de producción evaluadas estas mostraron un comportamiento muy similar tenido valores muy elevados tanto en mesófilos aerobios como en coliformes fecales para leche cruda y queso fresco (Tablas 2 y 3). En lo referente a las características fisicoquímicas de la leche de cabra, todas las unidades de producción evaluadas mostraron un comportamiento similar en lo referente a grasa proteína, lactosa y sólidos no grasos (SNG), sin embargo, las unidades DC y D01 mostraron comportamientos similares con un numero bajo de conteo celular somático (CSS), siendo estos valores estadísticamente diferentes al resto de las producciones evaluadas. Al evaluar el impacto que tuvieron las prácticas de manejo tanto de animales y leche en las unidades de producción, así como las prácticas de manufactura en quesería evaluados en las encuestas, sobre los indicadores sanitarios del queso como producto final por medio del análisis de componentes múltiples se pudo observar que rubros como: el sitio de ordeño, manejo del ordeño, manejo de la leche y procesamiento del queso fueron los aspectos que impactaron en mayor medida sobre los estos indicadores sanitarios (Figura 2).
Al organizar todas las variables mediante una factorización de dos niveles con el fin de representar en un gráfico de dispersión el comportamiento de acuerdo a los rubros evaluados en las encuestas levantadas, así como los indicadores sanitarios tanto de leche cruda de tanque como de los quesos frescos producidos en las unidades familiares evaluadas se obtuvo una organización muy similar al dendograma inicial obteniendo los siguientes grupos: Grupo 1: DC y D01, grupo 2: Q01 y C01 y grupo 3: C02, D02 y Q02 (Figura 3).

Tabla.1 Resultados por categoría y totales de las encuestas levantadas a los productores de leche y queso fresco de cabra.

UP	Localización	No. Animales	Alimentación y bebida	Alojamientos	Características del ordeño	Manejo del ordeño	Manejo de la leche	Proceso de elaboración de queso	Comercialización y venta	Volumen de venta	Precio de venta por kg	Puntuación total
Referencia (DC)	Centro	150	18	16	17	17	7	42	2	28	125	119
Durango 01 (D01)	Norte	180	18	16	17	14	7	40	2	25	110	114
Durango 02 (D02)	Norte	200	10	10	11	9	5	33	1	20	85	79
Querétaro 01 (Q01)	Centro	80	5	6	8	10	5	33	2	12	100	69
Querétaro 02 (Q02)	Centro	126	11	9	11	12	5	27	1	18	90	76
Campeche 01 (C01)	Sur	70	6	8	8	10	6	35	1	7	65	74
Campeche 02 (C02)	Sur	100	8	8	10	9	4	24	1	11	70	64

Tabla 2. Valores promedio de indicadores sanitarios encontrados en leche cruda de cabra a nivel de tanque en unidades de producción familiar.

	DC	Q01	Q02	D01	D02	C01	C02	Valor de referencia
Mesófilos aerobios (UFC/ml)	300,000[b]	2,420,000	2,100,000	280,000[bd]	1,984,000	2,020,000	3,102,000	100,000 a 1,000,000
Coliformes totales (UFC/ml)	1,430[c]	151,000	550,000	1,256[ad]	75,000[c]	210,000	249,000	Hasta 100
Mohos (UFC/ml)	3	0[a]	0[c]	2	1	10	30	Hasta 100
Levaduras (UFC/ml)	12[a]	25,700	36,000	12[d]	32,000	28,200	94,300	Hasta 100

[abc] Valores medios con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05) por renglón

Tabla 3. Valores promedio de indicadores sanitarios encontrados en quesos frescos de cabra producidos en unidades de producción familiar.

	DC	Q01	Q02	D01	D02	C01	C02	Valor de referencia
Mesófilos aerobios (UFC/g)	4,230[a]	5,650,000	4,850,000	7,230[d]	2,000,000	2,950,000	8,763,000	Hasta 20,000
Coliformes totales (UFC/g)	200[a]	50,000	37,500	186[d]	6,000[c]	73,000	89,490	Hasta 100
Mohos (UFC/g)	10[a]	35,450	13,500	266[d]	9,700[c]	21,700	4,600	Hasta 500
Levaduras (UFC/g)	0[a]	12	54	0[d]	1,400[c]	11,000	2,800	Hasta 500

[abc] Valores medios con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05) por renglón

Figura 1. Gráfico de componentes múltiples de los principales aspectos productivos y de manufactura responsables de los indicadores sanitarios de quesos frescos producidos en las unidades de producción familiar.

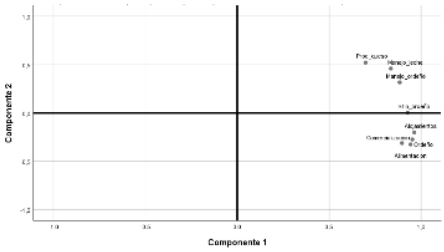
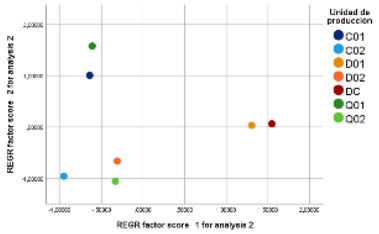


Figura 2. Gráfico de dispersión simple del análisis factorial de las unidades de producción familiar de queso fresco de cabra evaluadas en el presente estudio.



Discución.

Si bien la mayoría de las unidades de producción analizadas en este estudio tienen deficiencias de manejo, al realizar los análisis de cluster se encontraron dos grupos principales: Grupo 1: conformado por la unidad productiva tomada como referencia en este estudio (DC) y la unidad D01, las cuales comparten características similares de manejo. Sin embargo, en el grupo se distinguieron dos 2 subgrupos: Subgrupo 1 Q01 y C01, Subgrupo 2 Q02 y D02; y Subgrupo 3 C02. En lo referente a la calidad sanitaria de la leche cruda esta solo las unidades DC y D01 se mantuvieron en los valores de referencia para mesófilos aerobios, ninguna unidad para coliformes totales en placa, todas se mantuvieron en rango para mohos y en el caso de las levaduras solo las unidades DC y D01 se mantuvieron dentro de los valores de referencia. En el caso de los quesos, solo las unidades DC y D01 se mantuvieron dentro de los valores de referencia para mesófilos aerobios, ninguna para coliformes totales, solo la unidad DC para mohos y las unidades DC y D01 para levaduras. Al realizar el análisis de componentes múltiples donde se incorporaron todas las variables analizadas en este estudio se logró determinar que aspectos como el proceso de elaboración del queso, manejo de la leche, manejo del ordeño y sitio de ordeño con los componentes responsables de los valores en indicadores sanitarios obtenidos en el presente estudio.

Conclusiones

La mayoría de los productores participantes en este estudio no cuentan con instalaciones, equipamiento ni utensilios adecuados que aseguren la inocuidad de la leche. Los establecimientos dedicados a la producción y ordeño de cabras destinados a la elaboración de quesos artesanales son en términos generales, pequeños y cuentan con instalaciones inadecuadas, acordes con sus escasos recursos económicos, características que dificultan la obtención de un producto sanitariamente aceptable lo que se reflejó en indicadores sanitarios elevados y que puede representar una limitante para la comercialización de sus productos, una vida de anaquel menor y riesgos a la salud pública.

Financiamiento:
Recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología animal. CENID SAI INIFAP-SADER. CONACYT-Programa de Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. FMVZ UNAM.

Referencias bibliográficas.

1. Escareño, L. M., Wurzinger, M., Pastor, F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñiguez, L. (2011). La Cabra Y Los Sistemas De Producción Caprina De Los Pequeños Productores De La Comarca Lagunera, En El Norte De México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *XVII*(Especial), 235–246. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.087

Medicina de la producción

PREVALENCIA DEL FALLO EN LA TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD PASIVA EN BECERRAS Y CORRELACIÓN CON LA PRESENTACIÓN DE ENFERMEDAD

*Ramírez A. J. B., Bautista P. U. J., González L. R., Olguin y B. A. F.

Resumen

Las terneras nacen prácticamente sin inmunoglobulinas debido al tipo de placentación sindesmocorial, por lo que las crías dependen de la ingesta de calostro para protegerse de enfermedades infecciosas. El Fallo en la Transferencia de la Inmunidad Pasiva (FTIP) ocurre cuando un ternero no puede absorber una adecuada cantidad de inmunoglobulinas (menos de 50mg/ml o menor al 22%, por calostrometria o por refractometría, respectivamente. Se ha informado que la prevalencia de FTIP alcanza del 20 al 40% de los terneros recién nacidos. FTIP contribuye a las altas tasas de mortalidad de los terneros jóvenes ya que aumenta el riesgo de trastornos de la salud principalmente enfermedades respiratorias y diarrea.

El calostrómetro es un instrumento usado para estimar la calidad del calostro basado en la determinación subjetiva de la cantidad de inmunoglobulinas. La refractometría es una de las formas más prácticas a nivel de campo que nos permite determinar aquellos animales con FTIP, a través de la medición de la concentración de proteína sérica total (PST), ya que los mayores componentes de las proteínas séricas totales son las inmunoglobulinas provenientes del calostro.

Se evaluaron 40 becerras de la Raza Holstein, hembras y machos en una Unidad de Producción, registrando el manejo que se tiene al momento del calostrado. La gran mayoría de los calostros obtenidos de sus respectivas madres y que fueron utilizados tuvieron una calidad regular a baja. La concentración de proteína sérica total varió entre 5 g/dL y 6.2 g/dL, con un promedio general de 5.4 g/dL. De los animales evaluados, el 52.5% presentaron FTIP. Para el análisis estadístico se utilizaron los coeficientes de correlación Spearman y se concluyó que a mayor calidad de calostro y valor de refractometría postcalostral, los terneros tendrán menor probabilidad de presentar diarreas, neumonía y muerte, y que entre mayor sea la calidad de calostro, mayor será la ganancia de peso al destete.

El objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia del FTIP en una Unidad de Producción ubicada en Jalostotitlán, Jalisco. Los datos presentados corresponden a la determinación de la densidad de calostro y concentración de proteína sérica total de las crías, obtenidos durante el periodo comprendido entre marzo y septiembre del 2022, para estimar su correlación con la presentación de enfermedades en los primeros días de vida del bovino. Se consideró una FTIP cuando la concentración de proteína sérica total fuera menor a 5.5 g/dL en el suero de las crías.

Introducción

El crecimiento y la supervivencia del feto bovino durante su desarrollo depende exclusivamente de la placenta, compuesta por tejidos maternos y fetales. Las terneras nacen prácticamente sin inmunoglobulinas debido al tipo de placentación que presenta el bovino (sindesmocorial), por lo que las crías dependen de la ingesta de calostro para protegerse de enfermedades infecciosas.

El intestino delgado del recién nacido está diseñado para permitir durante las primeras 12 a 24 h de vida, la absorción de moléculas grandes, incluyendo las inmunoglobulinas. Esto se conoce como Transferencia de Inmunidad Pasiva, considerando el calostrado como una actividad crítica para la supervivencia y protección de los recién nacidos contra enfermedades infecciosas, debido a que al nacimiento su sistema inmune es inmaduro e incapaz de producir suficientes inmunoglobulinas. (Robison *et al*, 1983)

El Fallo en la Transferencia de la Inmunidad Pasiva (FTIP) ocurre cuando un ternero no puede absorber una adecuada cantidad de inmunoglobulinas. Raboisoon (2016) ha informado que la prevalencia de FTIP alcanza del 20 al 40% de los terneros recién nacidos. Trillat (2016), ha informado que la mortalidad relacionada con FTIP oscila entre el 8 y el 25%. Asegurarse de que los terneros beban suficiente calostro a las pocas horas de nacer es una forma acertada de reducir la FTIP y los trastornos asociados. En todo el mundo, FTIP contribuye a las altas y crecientes tasas de mortalidad de los terneros jóvenes. Actualmente se recomienda que un ternero necesite ingerir al menos 150 a 200 g de IgG dentro de las 2 h posteriores al nacimiento para lograr transferencia pasiva exitosa. (Robinson *et al*.,1998)

Al nacimiento, los terneros tienen un sistema inmune completamente desarrollado, aunque inmaduro. En los bovinos, la madurez del sistema inmune se da entre los 5 y 8 meses de edad, esto explica en parte por qué la respuesta de los terneros jóvenes es más débil, lenta y más difícil de superar. (Hein MR, 1981)

El calostro se define como la primera secreción de la glándula mamaria inmediatamente después del parto, y se considera el ejemplo más importante de inmunidad pasiva. (Robison AD, 1988). Los componentes del calostro incluyen: niveles altos de anticuerpos y muchas de las células inmunes (células B, células dendríticas, macrófagos y neutrófilos), interferón, entre otros. El principal anticuerpo del calostro es la IgG1.

El calostro bovino se produce y acumula en la glándula mamariaal final de la gestación, iniciando este proceso aproximadamente de 3 a 4 semanas previas al parto (Luis F. Calvinho, 2013). Los inmunógenos administrados contra antígenos específicos a las vacas antes del parto aumentan los anticuerpos en el calostro, como lo son los que actúan contra patógenos de la diarrea neonatal; estas vacunas aumentan la concentración de anticuerpos en el calostro contra microorganismos específicos que causan diarrea en los terneros, como *E. coli, Rotavirus y Coronavirus* (Saif LJ,1983).

El calostro es el primer suministro de nutrientes para la ternera al nacer y contribuye a la protección intestinal contra los patógenos, también es una fuente de energía para los terneros durante las primeras horas de vida, ya que nacen con reservas energéticas deficientes. Además de la lactosa, contiene pequeñas cantidades de otros azúcares como glucosa, fructosa, glucosamina y galactosamina y oligosacáridos. También contiene otras proteínas, factores de crecimiento, enzimas, inhibidores de enzimas, nucleótidos, nucleósidos, citoquinas, lactoferrina, transferrinas y grasas. Además, están presentes vitaminas y minerales esenciales: calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, vitamina E, vitamina A, riboflavina, caroteno, vitamina B12, ácido fólico, colina y selenio (Davis y Drackeley, 1998). Se reporta que contiene más de $1x10^6$ células/mL de leucocitos maternos que son inmunológicamente activos, los cuales incluyen principalmente: macrófagos (40-50% de leucocitos calostrales), linfocitos (20-25%) y neutrófilos (25-37%). (Donovan et al.,2007)

Los factores inmunitarios y de crecimiento del calostro están protegidos por inhibidores tripsínicos y proteásicos, que evitan que sean destruidos en el tracto gastrointestinal. Otros componentes del calostro son los oligopolisacáridos y glicoconjugados cuya función es evitar que los patógenos como *Streptococcus, E. coli, Salmonella, Cryptosporidium, Giardia, Shigella, Clostridium,* toxinas A y B, se fijen a las membranas mucosas y que las penetren. (Guillermo, A.B.,2000). En general, el calostro materno proporciona tanto nutrientes como factores no nutritivos que ayudan al sistema inmunitario a activarse, a madurar el intestino y a promover el desarrollo de los órganos.

Los componentes y calidad del calostro varían en función de diferentes factores como: la raza, número de parto, nutrición previa al parto, duración del periodo seco, edad de la vaca, calendario de vacunación aplicado en el periodo transición y exposición a enfermedades previas. Debido a que la transferencia de inmunoglobulinas hacia el calostro se realiza durante las últimas 2 a 4 semanas de gestación, un parto prematuro o un periodo seco excesivamente corto originan calostros bajos en inmunoglobulinas.

Las inmunoglobulinas previamente almacenadas en la glándula mamaria se diluyen al momento del parto, es decir la concentración de inmunoglobulinas en la ubre desciende aproximadamente un 33% en las primeras 6 horas posparto y el 66% restante desaparece durante las siguientes 24 horas

(Beltrán, L. 2011) Es por ello que es primordial que el ternero sea alimentado con calostro de buena calidad lo más pronto posible después del nacimiento, para que tenga mayor posibilidad de absorber una buena cantidad de inmunoglobulinas. (Fortín A, 2009). Los factores que determinan la calidad del calostro son: la concentración de inmunoglobulinas (específicamente IgG) y la presencia o ausencia de bacterias. (González *et al*, 2022)

La concentración de IgG en el calostro es un parámetro que se utiliza tradicionalmente para evaluar su calidad: alta calidad se define como niveles de IgG superiores a 50 g/L. Los niveles de IgG en calostro pueden variar entre las vacas por causas multifactoriales como lo son: la edad (se espera que las vacas multíparas produzcan calostro de mejor calidad que las primíparas), previa exposición a patógenos ambientales específicos dentro de la unidad de producción o bien, calendario de vacunación de vacas y vaquillas gestantes bien establecido durante el inicio del periodo seco y de transición.

El calostrómetro mide la gravedad específica, o densidad del calostro y ha sido ampliamente aplicado para estimar la concentración de IgG, ya que existe una relación estadística significativa entre la gravedad específica de la muestra y la concentración de inmunoglobulinas (mg/mL), proteínas y sólidos totales. Posee una escala calibrada de colores (verde, amarillo y rojo) que, dependiendo de la marca del calostrómetro otorga una categoría y un rango de concentración de inmunoglobulinas, cuando es colocado en una probeta que contiene el calostro a evaluar. El color verde representa un calostro de excelente calidad y una concentración de anticuerpos mayor o igual a 50 mg/mL, el color amarillo corresponde a una concentración de 22 a 50mg/mL y el color rojo está relacionado con una mala calidad y una concentración de Ig 22 mg/mL. (Casas M, Canto Francisco., 2015) (Tabla 1)

La absorción de las inmunoglobulinas durante el periodo inmediato al nacimiento es transitoria y no selectiva. Durante las primeras 24 a 36 horas de vida, el intestino está recubierto con células epiteliales, enterocitos inmaduros que son altamente vacuolados y capaces de absorber macromoléculas. Estos enterocitos inmaduros, no son selectivos y por lo tanto absorben proteínas de gran peso molecular. (Cervenak & Kacskovics, 2009)

La refractometría es una de las formas más prácticas a nivel de campo que nos permite determinar aquellos animales con FTIP, a través de la medición de la concentración de proteína sérica total (PST), ya que los mayores componentes de las proteínas séricas totales son las inmunoglobulinas provenientes del calostro (Wallace *et al*., 2006).

Un resultado ≥6.2 g/dL de proteína total sérica, nos indica una exitosa transferencia, es decir, se considera que los becerros han absorbido cantidad adecuada de Ig's, por lo que su probabilidad de sobrevivir es alta. Cuando el resultado es entre 5.1 y 6g/gL de proteína total sérica nos indica una transferencia medianamente exitosa de la inmunidad pasiva, por lo que se considera que dichas becerras han absorbido alguna cantidad de Ig que las protegen en cierta medida, pero no son suficientes. Finalmente, cuando el resultado es menor o igual que 5 g/dL de proteína total sérica, indica una FTIP, por lo que se considera que estas terneras no absorbieron inmunoglobulinas y que consecuentemente tienen alta probabilidad de morir, a pesar de recibir tratamiento. (González et al., 2022)

La transferencia de inmunoglobulinas de la vaca al ternero está determinada por muchos factores, algunos están relacionados a la vaca, otros al becerro y otros son del propio ambiente. Generalmente la FTIP es el resultado de la interacción de estos factores. Sin embargo, según Arthington, los más importantes que limitan la transferencia de Igs de la vaca al ternero son los siguientes: alimentación deficiente durante el preparto, momento de ordeño y administración del calostro al parto, número de partos de la vaca y tiempo de duración del periodo seco.

Respecto a las situaciones que pueden desencadenar un FTIP son: inadecuado status sanitario en el área de parideros, debilidad al nacer, acidosis respiratoria, estos factores, la mayoría de las veces ocasiona que los becerros no ingieran de manera adecuada en tiempo y forma el calostro. (Sanglid, 2003)

Uno de los problemas más comunes es que los terneros no consumen la cantidad suficiente de calostro durante las primeras horas de vida. Generalmente esto tiene relación con diferentes factores

como: terneros débiles al nacimiento, falta de atención al área de partos, partos distócicos, temporada de parto. (Aldridge *et al*, 2011)

Materiales y métodos

Toma de muestras y evaluación de la transferencia de inmunidad pasiva

El trabajo de investigación se realizó en una unidad de producción de bovinos lecheros ubicada en Jalostotitlán, Jalisco. El estudio se llevó a cabo entre marzo y septiembre de 2022. La región se encuentra a una altura de 1753m sobre el nivel del mar, una precipitación y temperatura anual de 18°C y 701mm respectivamente. (IIEG,2022)

Se utilizaron 40 terneros recién nacidos de la raza Holstein.

Los criterios de inclusión fueron que los terneros no presentaran anormalidades anatómicas al nacimiento y no haber consumido calostro antes de la primera toma de muestra sanguínea.

Los terneros muestreados fueron mantenidos bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación que el resto de los becerros de la unidad de producción, sin realizar sugerencias de modificación de éstas. Las crías se alimentaron con 4 L de calostro durante 3 días (2 litros por la mañana y 2 litros por la tarde). La primera toma se trató en medida de lo posible de ofrecer dentro de las primeras 2 horas después del parto.

Para llevar a cabo la medición de la densidad de calostro, se utilizó un calostrómetro genérico. Las hembras fueron ordeñadas en las primeras horas posparto y se tomó una muestra de calostro en una probeta graduada de 250 mL a una temperatura de 22 °C. Después se colocó el calostrómetro, el cual, flota o se hunde dependiendo de la densidad del calostro. Se midió el valor en escala de color hasta donde llegó el nivel de calostro. Si la calidad de calostro fue regular a mala, se suplementó con sustituto de calostro comercial.

Luego del parto, se desinfectó el ombligo de cada ternero con solución de yodo al 5% y se les dio una limpieza general. Antes del calostrado, se extrajo 4 mL de sangre de cada becerro vía punción yugular

Para la recolección de la muestra se utilizó un tubo Vacutainer sin anticoagulante y aguja para tubo Vacutainer calibre 21. Las muestras se colocaron en una gradilla a temperatura ambiente y la lectura se realizó una vez que se obtuviera el suero. Aproximadamente 2 gotas del suero se aspiraron con una pipeta y se colocó en el prisma del refractómetro, éste se observa en dirección a la luz y se lee la cantidad de proteínas presentes en el suero sanguíneo del ternero.

Se tomaron muestras de suero de cada becerro a los 3 días de nacido para verificar la transferencia de la inmunidad pasiva, realizando el mismo método de colección y prueba con refractometría.

Durante las siguientes 8 semanas, se dio seguimiento a la salud de los becerros, registrando si se presentaba diarrea, neumonía e incluso muerte, hasta el momento del desleche, donde de igual manera se midió el peso al destete.

Los datos obtenidos de calostrometría y refractometría se correlacionaron con la presentación de enfermedades, muerte y peso al destete. Para estimar los coeficientes de correlación se utilizó el programa estadístico Spearman.

Resultados

Calidad de calostro.

En la gráfica 1 se muestra la distribución del calostro respecto a su densidad. De los 40 calostros analizados, gran porcentaje tuvieron baja calidad (42.5%), el 47.5% tuvieron calidad regular y sólo el 10% tuvieron calidad buena.

Concentración de Ig's precalostral y postcalostral

En la gráfica 2 se muestra el promedio de refractometría precalostral, que fue de 4.16, lo cual está dentro del rango que marca la literatura, el cual es de 3.2 a 4.2 g/dL. (Mee JF, 2008) Y el promedio de refractometría postcalostral fue de 5.4 g/dL lo cual es un parámetro que nos indica que hay una transferencia medianamente exitosa de la inmunidad pasiva. (ANEXO). Por lo que se considera que estos becerros han absorbido inmunoglobulinas, pero en cantidades insuficientes que les permita tener una adecuada inmunidad frente a las enfermedades que se suelen presentar en los primeros días de vida, las cuales son principalmente diarrea y neumonía.

La gráfica 3 muestra la distribución de las becerras de acuerdo con el nivel de inmunoglobulinas en el calostro por Refractometría. Se infiere que el 47.5% de los terneros obtuvieron una adecuada concentración de inmunoglobulinas en el calostro, el 35% regular y sólo el 17.5% una concentración baja, teniendo así un fallo en la transferencia de la inmunidad pasiva.

A pesar de que la mayoría de los calostros administrados a los becerros cayeron en la categoría de regular a mala, casi la mitad de las terneras obtuvieron una buena concentración de Ig's en suero a las 72 horas de nacidas, esto puede deberse a la suplementación con sustituto de calostro.

El 87.5% de los terneros presentaron enfermedad durante el periodo de 8 semanas de observación, de los cuales 14.3% presentó diarrea, 2.9% neumonía y 82.9% ambas condiciones. Durante el mismo periodo se presentaron 15 muertes, estos becerros presentaron la misma signología iniciando aproximadamente a los 6 días de edad, los principales signos que se observaron fueron inapetencia, deshidratación, diarrea amarillenta que no respondió a ningún tratamiento y neumonía que se volvió crónica. En la gráfica 4, se muestra la correlación entre el valor de Refractometría postcalostral y presentación de enfermedad; donde el numeral 2.00 representa a los animales que si se enfermaron y el numeral 1.00 los que no. Se observa que los terneros que no enfermaron tuvieron mayor valor de refractometría postcalostral que aquellos que si presentaron enfermedad.

También se muestra la correlación entre presentación de enfermedad y peso al destete (gráfica 5), donde podemos observar que los terneros que no presentaron enfermedad obtuvieron un mayor peso al destete que aquellos que sí presentaron enfermedad.

La gráfica 6, muestra la correlación entre la calidad de calostro (1=malo, 2=intermedio y 3=bueno) y el resultado de calostrometría postcalostral. Se observa una correlación positiva, ya que, entre mayor es la calidad de calostro, el nivel de refractometría postcalostral también aumenta.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Análisis estadístico

Correlación de Pearson: Coeficientes/ probabilidades *(*Tabla 1).

	Cal. calostro	*Enfermo*	*Refrac Precal*	*Refrac. Postcal*	*Diarrea*	*Neumonía*
Cal. calostro	1.00	0	0.98	0	0	0
Enfermo	-0.52	1.00	0.29	0	0.00	0
Refrac.Precal	0	-0.17	1.00	0.43	0.12	0.37
Refrac.Post	0.51	-0.48	-0.13	1.00	0	0.07
Diarrea	**-0.51**	0.90	-0.25	**-0.59**	1.00	0
Neumonía	**-0.51**	0.65	-0.14	**-0.29**	0.57	1.00
Muerto	**-0.41**	0.31	-0.16	-0.20	0.34	0.35
Peso al destete	**0.53**	-0.52	0.40	0.43	**-0.56**	**-0.48**
Sustituto	-0.74	**0.21**	-0.04	-0.29	0.12	0.43

Tabla 1. Muestra las correlaciones encontradas en el análisis estadístico realizado. Cal. calostro: es la calidad de calostro; Refrac Precal: Es la refractometría precalostral; Refrac Postcal: es la Refractometría Postcalostral; Sustituto se refiere a los calostros naturales que fueron adicionados con calostro comercial.

Se encontraron diferencias en cuanto a la calidad de calostro. A mayor calidad de calostro, menor presentación de diarrea (-0.51), neumonía (-0.51) y muerte (-0.41). Muñoz A (2018), menciona que aquellas terneras que no se alimenten con calostro, o que sean alimentadas con calostro de mala calidad tienen 74 veces más probabilidades de morir en las primeras 3 semanas de vida.

Se encontró que a mayor sea el resultado de refractometría postcalostral, habrá menor presentación de diarrea y de neumonía con valores de -0.59 y -0.29, respectivamente. Esto coincide con un estudio realizado por Troya & Córdova (2009) en el cual se concluyó que las principales enfermedades en los neonatos que han presentado FTIP son las de tipo gastrointestinal y respiratorio.

Se encontró una correlación positiva entre la calidad de calostro y peso al destete; lo cual significa que a mayor calidad de calostro, el peso al destete también será mayor (0.53). Estos resultados son similares a los obtenidos por Jarmuz *et al* (2001), quienes reportaron una correlación positiva y altamente significativa entre la concentración de IgG del suero sanguíneo medido a los 2 días de edad y el peso vivo a los 200 días de edad.

Se encontró una correlación positiva (0.21) entre el uso de sustituto de calostro (agregado al calostro natural de baja calidad) y la presentación de enfermedades. Esto no significa que el sustituto provoque enfermedad a los animales, sino que, al menos en este estudio, el uso de sustituto de calostro no funcionó para la prevención de enfermedad.

No se encontró evidencia estadística (en este estudio) de que el número de parto se correlacione con la calidad del calostro.

De los 40 calostros analizados, el 10% fueron los de buena calidad. La explicación que se encuentra a la baja calidad de calostro es que las vacas no tenían un adecuado protocolo de inmunización al secado. Godden (2008) menciona que gran cantidad de investigaciones han demostrado que la vacunación de las vacas y novillas gestantes durante 3 a 6 semanas anteriores al parto da como resultado una mayor concentración de anticuerpos en el calostro.

Las vaquillas curiosamente tenían un calostro de buena calidad, incluso mejor que el de las vacas de segundo y tercer parto; el inconveniente es que lo producían en muy poca cantidad, donde la mayoría de las veces ni siquiera alcanzaba para alimentar al becerro con la cantidad que le correspondía respecto a su peso vivo. En general, las vacas de primer parto si producían suficiente calostro, pero éste era de calidad regular a mala. Estos resultados difieren con lo que se reporta en la mayoría de los artículos científicos consultados, en los cuales se menciona que las vacas entre mayor número de parto tengan, mejor es la calidad del calostro. (Chacón 2009)

La mayoría de las vaquillas no nacieron en la presente unidad de producción y provienen de otras regiones geográficas, por lo que se desconoce el protocolo de inmunización y manejos que se realizaron durante su crianza.

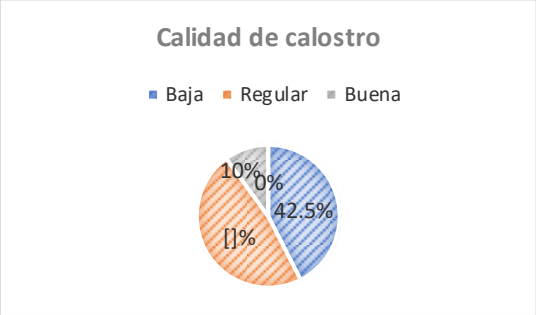
El FTIP en esta UPP se puede deber a que también existen muchos partos nocturnos y no hay personal que los atenda y el cuidado de las crías empieza hasta el día siguiente, por lo que el becerro también ya ha madurado su intestino, lo que disminuye la posibilidad de absorber anticuerpos calostrales por pinocitosis. Por ello se recomienda que para tener un calostro de excelente calidad se debe realizar la colecta de preferencia entre 1 y 2 horas después del parto, sin superar las 6 horas y administrar el calostro en las primeras horas de vida (Arthur G, 1999).

Es evidente que la presentación de enfermedad está relacionada con el inadecuado calostrado, ya que aquellos terneros que recibieron un calostro de calidad baja aún suplementado fueron los que murieron en los primeros días de vida. Como menciona Wells (1996), es un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías y se ha asociado con altos índices de mortalidad.

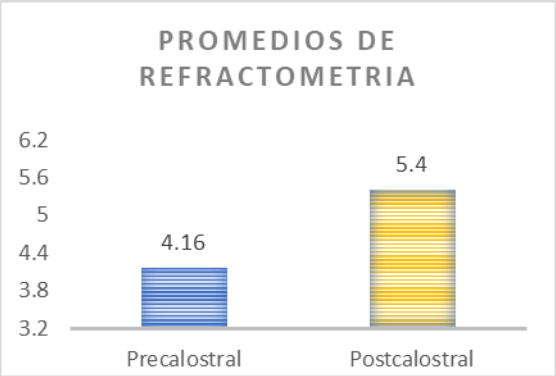
Cabe destacar que todos los terneros presentaban signo respiratorio de disnea desde el primer día de vida, y a la auscultación se percibían estertores secos. De los becerros que murieron, se realizaron algunas necropsias para poder tener un acercamiento diagnóstico, sin embargo, por cuestiones económicas del productor, no se pudo proceder al envío de muestras al laboratorio de diagnóstico.

Para evitar la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTP) y sus consecuencias, el becerro debe consumir 4 litros de calostro que contenga por lo menos 50 g de IgG por litro antes del "cierre" de la absorción no selectiva intestinal. (Godden, 2008)

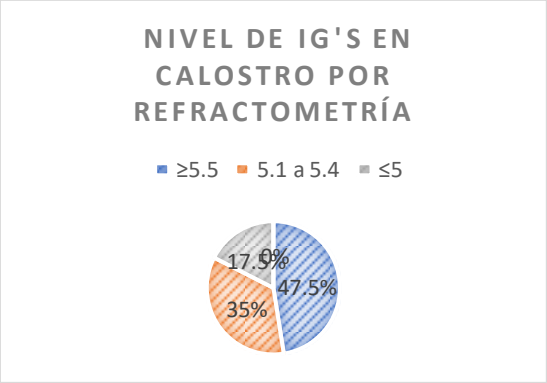
ANEXO



Gráfica 1. Porcentajes de distribución del calostro respecto a su calidad



Gráfica 2. Promedios de refractometría precalostral y postcalostral.



Gráfica 3. Porcentajes de nivel de concentración de Ig en calostro a las 72 horas post calostreo.

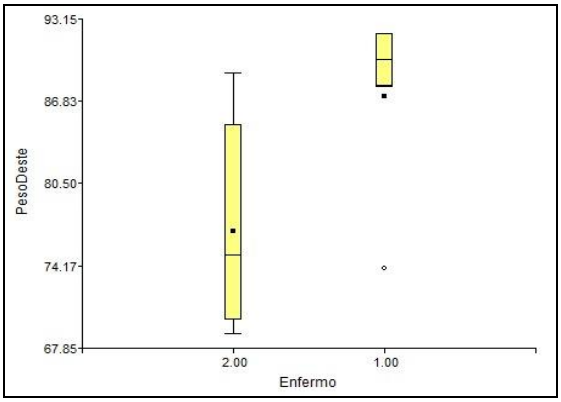
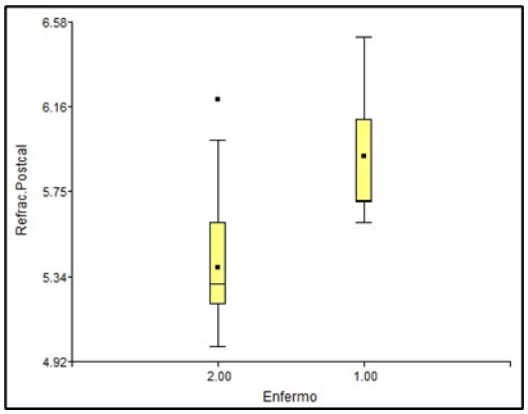
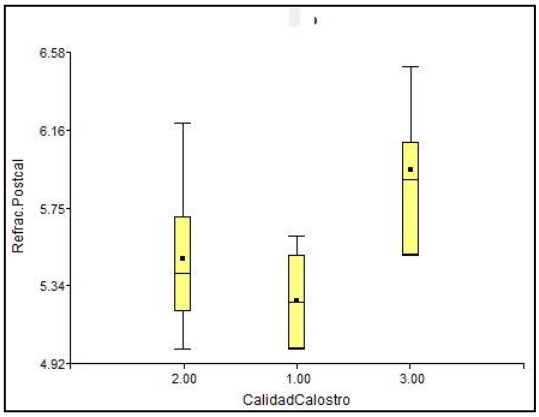


Gráfico 4. Correlación entre el valor de Refractometría postcalostral y la presentación de enfermedad.





REFERENCIAS:

1. A,B Guillermo.2000. Producción Bovino de Carne: Plan de vacunación para el becerro. Animales y producción.
2. Aldridge, B. Grry, F and Adams. Role of colostral transfer immunity. The compendium on continuinig education for the practing veterinarian. Vol.14.
3. Arthington, J. Managing. Importancia y uso de calostro en Bovinos.
4. Canto F, Casas M. 2015. Cómo evaluar la calidad del calostro y la inmunidad de las terneras. INIA. Sitio Argentino de Producción Animal.
5. DeNise, S.K., J.D. Robison, G.H. Stott, y D.V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. J. Dairy Sci. 72:552-554.
6. Elitok Bulent. 2008. Indicators of passive immunity failure in neonatal calves. *Oncology Research and Reviews.*Vol 1(3):1-2
7. FORTÍN A, JOSUÉ PERDOMO. 2009.Determinación de la calidad |del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad. Honduras.
8. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. 2019. Colostrum Managment for Dairy Calves. Veterinary Clinics: Food Animal Practice. Nov 1; 35 (3): 535-56
9. Hincapié, J. Transtornos Reproductivos en la Hembra Bovina. Tegucigalpa, Honduras. 2005. P. 121-12
10. Johnson, J. L., S. M. Godden, T. Molitor, T. Ames, and D. Hagman. 2007. Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90:5189–5198
11.
12. Medina Cruz Mario. Clínica y Producción de becerras y vaquillas lecheras. 2ª ed. México: 12 Editorial A.C; 2015.
13. Merriman MJ.1971. Serum Immunoglobulins in Newborn Calves Before and Afer Colostrum Feeding. *Can J Comp Med* 35:269-273.
14. Nocek, J.E., D.G. Braund, y R.G. Warner. 1984. Influence of neonatal colostrums administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrums on calf gain health, serum protein. J. Dairy Sci. 67:319-333.
15. Quigley JD.2004. The Role of Oral Immunoglobulins in Systemic and Intestinal Immunity of Neonatal Calves, Ames, IA, Iowa State University.
16. Quigley JD.2002. Passive Immunity in Newborn Calves.Advances in Dairy Technology. Vol 14: 273.
17. Rearing Young stock on tropical dairy farms in Asia. John Moran. 2012.CSIRO.
18. Sasaki, M., C.L. Davis, y B.L. Larson. 1983. Immunoglobulin IgG_1 metabolism in new born calves. J. Dairy Sci. 60: 623-626.
19. Tizard I.2002. Inmunología veterinaria.Editorial Interamericana S.A de C.V. 6ta edición. P.56-59
20. Wallace, M.M., B.D. Jarvie, N.R. Perkins, y K.E. Leslie. 2006. A comparison of serum harvesting methods and type of refractometer for determining total solids to estimate failure of passive transfer in calves. Can. Vet. J. 47:573-575.
21. Weaver DM et al. 2000. Passive Transfer of Colostral Immunoglobulins in Calves. *J Vet Intern Med* 14:567-577
22. Lopez A.J. 2022, importance of colostrum in the newborn dairy calf, departamento of animal science, Jdairy sci.105:2733-2749.

MONITOREO DEL USO DE ANTIBIÓTICOS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA

[*]Cruz M.B.Y., Galarde L.M., Velázquez M.M.E., Herrera G.S.C., Quiroz C.B.A., Zumaya E.F.A., Alpuche A.C.M., Carranza V.J.A.

Resumen
La resistencia antimicrobiana (es un problema de salud pública que subyace en el concepto “Una Salud”. Proporcionar información sobre el uso de antibióticos en un sector ganadero, ayudará a identificar oportunidades e iniciativas centradas en la contención de la RAM en el sector pecuario. Nuestro objetivo fue Identificar los patrones de uso de antibióticos en los sistemas de producción de bovinos en el altiplano mexicano. Estudio transversal con productores de ganado bovino en extensivo, de mayo a octubre de 2022. Se aplicó una encuesta cara a cara, estructurada en cinco secciones. El 74.0% de los productores tuvieron secundaria completa. El censo animal estuvo constituido por 968 animales. El 34.0% (49/142) fueron penicilinas, 19.0% (27/142) oxitetraciclina, 13.0% (19/142) gentamicina, (14/142) florfenicol y 8.0% (12/142) enrofloxacino. El 78% de los productores deposita en la basura los envases vacíos de antibióticos. Este estudio pone de relevancia el uso de los antibióticos en el sector ganadero en extensivo, que además de no estar regulado, está poco explorado en nuestro país, a pesar de ser considerado un factor importante de la selección y diseminación de bacterias resistentes a los antimicrobianos.

Introducción
La resistencia antimicrobiana (es un problema de salud pública que subyace en el concepto “Una Salud”, principalmente bacterias resistentes a los antibióticos con potencial zoonótico.[1,2] Los antibióticos son utilizados en el control, tratamiento y prevención de enfermedades bacterianas en las unidades de producción animal, y se ha reportado su uso como promotores de crecimiento, lo cual contribuye al incremento de la RAM.[3,4] Proporcionar información sobre el uso de antibióticos en un sector de la población desatendido, como los pequeños productores, ayudará a identificar oportunidades e iniciativas centradas en la contención de la RAM en el sector ganadero.

Objetivo:
Identificar los patrones de uso de antibióticos en los sistemas de producción de bovinos en el altiplano mexicano.

Material y Métodos:
Estudio transversal con 50 productores de ganado bovino en extensivo, en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro (mayo-octubre 2022). Diseño a conveniencia, no probabilístico, seleccionados mediante la metodología Respondent-Driven Sample (RDS) la cual se basa en que cada persona encuestada hace referencia a nuevos sujetos que se incluirán en la muestra. Se aplicó una encuesta cara a cara, estructurada en cinco secciones: i) información general, ii) características de las unidades de producción, iii) uso de antibióticos, iv) prescripción de antibióticos y v) inventario de los antibióticos almacenados. Los datos se ingresaron para su limpieza, procesamiento y análisis en el programa estadístico STATA (v.15). Se realizaron análisis descriptivos de las variables.

Resultados:
El 92.0% de los productores fueron hombres, rango de edad de 23–88 años (mediana 58.5,SD12.12). El 74.0% de los productores tuvieron secundaria completa. El censo animal estuvo constituido por 968 animales. Respecto a ¿qué es un antibiótico?, se reconocieron cuatro dimensiones de conocimiento, y *¿qué es la* resistencia antimicrobiana*?*, se reconocieron dos dimensiones. Se registraron 142 antibióticos diferentes almacenados. Se encontraron 14 diferentes sustancias activas, de nueve clases de antibióticos. El 34.0% (49/142) fueron penicilinas, 19.0% (27/142) oxitetraciclina, 13.0% (19/142) gentamicina, (14/142) florfenicol y 8.0% (12/142)

[**] Brenda Yoselin Cruz Monsalvo, Carretera Federal Tequisquiapan-Ezequiel Montes km 8.5, Tequisquiapan, Querétaro, México, 76790. brenda.unam24@gmail.com , 01(55) 55 3887 2440.

enrofloxacino. Cerca del 50.0% de los antibióticos almacenados tienen una clasificación “Watch” en la herramienta AWaRe de la OMS. El 78% de los productores deposita en la basura los envases vacíos de antibióticos

Conclusiones:
Este estudio se centró en el uso de los antimicrobianos en el sector ganadero rural como un factor importante en la RAM, que puede contribuir al desarrollo de bacterias resistentes, a la incapacidad de tratar las infecciones bacterianas, y a la probabilidad provocar la muerte de animales debido a una gestión inadecuada de los antimicrobianos en la veterinaria

Referencias:
1.Food and Agriculture Organization of the United Nations. Resistencia a los antimicrobianos . Rev Investig Agropecu . 2017;43(1). Accessed May 28, 2020. http://www.fao.org/antimicrobial_resistance
2.Okello E, Williams DR, ElAshmawy WR, et al. Survey on Antimicrobial Drug Use Practices in California Preweaned Dairy Calves. Front Vet Sci. 2021;8:328. doi:10.3389/fvets.2021.636670
3.Van Boeckel TP, Brower C, Gilbert M, et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. Proc Natl Acad Sci U S A. 2015;112(18):5649 5654. doi:10.1073/pnas.1503141112
4.Velazquez Meza ME, Galarde López M, Carrillo Quiróz B, Alpuche Aranda CM. Antimicrobial resistance: One Health approach. Vet World. 2022;15:743 749. doi:10.14202/vetworld.2022.743 749

EFECTO DE APLICACIÓN DE MICROMINERALES SOBRE VACAS BEEFMASTER CON ANESTRO DESARROLLADAS BAJO UN SISTEMA EXTENSIVO

*Angulo V.I., Gastélum D.M.A., Aguilar Q.A., Ochoa F.J

Resumen

Con el objetivo de desarrollar estrategias de manejo que ayuden a mejorar el estado de vacas en anestro bajo condiciones extensivas, se analizaron 357 vacas las cuales se clasificaron según su estatus ovárico en anestro profundo (n=215) y anestro superficial (n=142), las cuales se les aplico una suplementación de Microminerales (Cu, Se, Zn, Mn) además de vitamina A y E al momento de la evaluación reproductiva inicial, todos los animales fueron expuestos a sementales en proporción 1 toro para 25 vacas durante un periodo de 60 días, posteriormente se retiraron los toros, para su evaluación reproductiva 30 días después, tomando en cuenta la siguiente clasificación, anestro profundo, anestro superficial, vacas ciclando y gestante, se agruparon de acuerdo al estatus ovárico en el cual iniciaron el empadre, para esto se usó Chi Cuadrada para determinar el porcentaje de animales que se establecieron en cada uno de las clasificaciones. Como porcentaje de gestación general se tuvo un 46%, mientras que de los animales sin gestación el 48% presentaba actividad ovárica (ciclando). Para tasa de gestación por estatus se logró tener una mayor tasa de gestación ($P<0.05$), para los animales en anestro superficial (68%) con relación a los animales que iniciaron en anestro profundo (32%). Se concluye que la aplicación de Microminerales al inicio del empadre mejora la eficiencia reproductiva en vacas anestricas.

Introducción

En las regiones semi aridas y aridas del estado de Sonora, la ganadería se ha desarrolla principalmente en un sistema extensivo (Moreno-Medina et al, 2020), donde se caracteriza en mantener los animales en condiciones de alimentación en pastos nativos en su mayoría con una suplementación en ciertas épocas del año (Bravo, 2023), esto conlleva a que los animales se encuentren en condiciones nutricionales muy variables, lo cual repercute directamente en su eficiencia productiva y de manejo (Dorna et al.,2019), Para esto se tienen que hacer ajustes tanto en lo productivo como en lo reproductivo. Las características reproductivas del ganado en condiciones extensiva nos marcan en tener principalmente épocas de empadre las cuales se programa de acuerdo a la disponibilidad de forraje que tiene cada rancho de acuerdo a las condiciones y manejos de cada uno de ellos, es por eso que es de suma importancia determinar tanto los manejos sanitarios, programas de suplementación y tiempos de empadre, aprovechando así las mejores épocas del año, para mejor productividad (Aburto, 2022).

A pesar de tener establecido los tiempos, las condiciones de manejo especifico no favorecen para poder llevar un adecuado programa productivo y reproductivo, ya que en ocasiones no conocemos el estatus reproductivo de las vacas lo que conlleva a determinar las necesidades que se tienen, es por ello que se requiere de suplementación especifica, tal es el caso de la aplicación de minerales parenterales, donde se ha marcado un efecto favorable sobre la actividad reproductiva del ganado (Avilez-Ruiz e tal, 2022), sin embargo no se tiene documentado como afecta el uso de microminerales inyectados en las condiciones de manejo de un sistema extensivo en la región sur del estado de Sonora, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo el evaluar el efecto de la suplementación de microminerales en vacas anestricas manejadas bajo condiciones extensivas.

* *Ismael Angulo Valenzuela. Ismael.angulov@gmail.com, Antonio caso s/n, 6862128806 Cd, Obregón Sonora.

Material y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en un rancho especializado en la producción de ganado de la raza Beefmaster, situado en el municipio de Navojoa en el estado de Sonora (27°4´13" latitud norte 110°07´12" longitud oeste), dicha región se caracteriza por tener un clima árido seco con precipitaciones en verano (INEGI, 2021). Para este trabajo se consideraron 357 vacas todas sin gestación con por lo menos 1 parto con condición corporal de 2.5 a 3 en escala 1 a 5 (1= emaciada a 5 =obesa). todas las vacas fueron sometidas a un manejo sanitario preventivo inicial a base de Biológicos (bacterinas y virales), además de aplicación de minerales inyectados (cobre, zinc, selenio y manganeso) y vitamina A,E.

Los animales fueron clasificados de acuerdo a su estatus ovárico el cual se determinó de acuerdo con las estructuras ováricas encontradas, los cuales se describen de la siguiente manera. Anestro profundo (n=215), se consideran en este estatus a las vacas sin estructuras dominante y folículos menores a 8mm.Anestro superficial (n=142), se consideraron las vacas que presentaron un folículo mayor a 8mm sin presencia de cuerpo lúteo. Después de la revisión y el manejo sanitario, se inició el empadre durante 60 días con una relación de 25 vacas por toro.

Posterior al empadre se realizó la evaluación reproductiva, donde se determinó el estatus de cada animal, dicha evaluación de desarrollo por medio de ultrasonografía, donde se utilizó un Sonoscape A5, clasificando de la siguiente manera, anestro profundo (AP), Anestro superficial (AS), Ciclando (CL) y gestante. todos los datos fueron agrupados y archivados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, para su posterior análisis donde se determinó por medio de un modelo de clasificación donde se comparó la condición ovárica inicial de cada uno de los animales dentro de la población, dicho análisis se llevó a cabo por medio de una prueba de chi Cuadrada (X^2), por medio del paquete estadístico SAS versión 9.4.

Resultados

En el cuadro número 1 se muestra los promedios generales de las vacas después del empadre con suplementación de minerales inyectados al inicio del mismo, cabe resaltar que se tuvo una gestación del 46.6 % de los animales que iniciaron el empadre en anestro, de igual forma logro iniciar actividad ovárica (vacas ciclando) el 26 % de los animales. Mientras que el 27.1 % no mejoro su estatus de anestro. El cuadro No.2 se muestra el porcentaje de animales de acuerdo al tipo de anestro que presentaban al inicio de la suplementación y empadre revisados posterior a la suplementación. En los animales que iniciaron en anestro superficial se obtuvo una tasa de gestación significativa ($P<0.05$) con relación a los que iniciaron en anestro profundo (68.8 vs 32%) respectivamente. Los animales en que iniciaron en AP tuvieron una mayor tasa de animales ciclando ($P<0.05$), que los que iniciaron en AS (29.8 vs 20.6%), la tasa de retorno para los animales en anestro superficial fue de 2.1 % mientras que los de anestro profundo el 13.5 % se mantuvo en ese estatus.

Cuadro No.1 promedio general de vacas en anestro suplementadas con Microminerales previo a empadre.

Status	Tasa
Gestación	46.6 (164/357)
Anestro Profundo	8.9 (31/357)
Anestro Superficial	18.2 (64/357)
Ciclando	26.1 (93/357)

Cuadro No. 2 Tasa de cada una de las etapas tomando en cuenta el estatus ovárico con el que inicio la suplementación con Microminerales previo a empadre.

Estatus ovárico	Anestro Profundo	Anestro superficial
AP	13.5(29/215) [a]	2.1 (3/141) [b]
AS	24.7(53/215) [a]	8.5(12/141) [b]
CL	29.8(64/215) [a]	20.6(29/141) [b]
Gest	32(69/215) [b]	68.8(97/141) [a]

[a,b]Valores con distinta literal presenta diferencia significativa (P<0.05)

Discusión y Conclusión

El anestro se marca como la ausencia de actividad ovárica, por tanto repercute en un fallo en la actividad reproductiva del animal (Senger, 2003), dicho trastorno puede darse por diversas causas dentro de los más importantes se encuentra la nutrición, la cual la vemos reflejada en la condición corporal de los animales (Avilez-Ruiz et al., 2022), sin embargo no solamente se presentan por bloqueos por deficiencia energética, el desbalance mineral provoca que se presente un trastorno de bloqueo a nivel ovárico, debido principalmente a que algunos minerales como son cobre, zinc, manganeso y selenio ayudan al buen desarrollo de las células del folículo evitando el factor de estrés oxidativo que se presenta por el metabolismo provocado por el desarrollo del folicular. Leonetti y col (2019) los cuales desarrollaron un programa de suplementación vitamínico-mineral sobre un protocolo de sincronización, se suplemento un grupo de vaquillas contra uno control (n=100), donde obtuvo una mayor tasa de gestación final sobre las vaquillas suplementadas al inicio del protocolo para IATF, concluyendo que el uso de suplementos minerales favorece a una mejor tasa ovulatoria por tanto a un mejor resultado en los programas reproductivos. esto debido posiblemente a que el factor de estrés oxidativo provocado por el uso acelerado de hormonas ayuda a aminorar el acumulo de oxidantes, que repercuten en un buen desarrollo del ovocito, en el caso del presente trabajo el adecuado desarrollo folicular favorecido por la inhibición de factores oxidantes favoreció a una mejor tasa regulatoria mejorando así el estatus de las vacas anestricas sobre todos a las vacas que ya presentaban un grado de avance en su estatus (anestro superficial).

El uso de minerales inyectados al inicio del empadre controlado favorece a un incremento en la productividad (tasa de gestación) tanto en vacas con anestro profundo como con anestro superficial, de vacas de la raza Beefmaster manejadas bajo un sistema extensivo bajo condiciones del Sur de Sonora. También favorece a que los animales tengan una mejor respuesta y puedan salir del anestro,

lo cual se puede utilizar para realizar programas reproductivos específicos como lo son programas de protocolo de sincronización para inseminación a tiempo Fijo.

Bibliografía Citada

Aburto, V. F. T. (2022). Evaluación económica de la eficiencia reproductiva y productiva en sistemas productivos con ganado criollo en Campeche, México.

Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O., Alcalá-Rico, J., Salinas-Chavira, J., Flores-Nájera, M., & Ruiz-Albarrán, M. (2022). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico Veterinario*, *12*, e2022-18.

Bravo Montero, L. (2023). Evaluación de incorporaciones tecnológicas tendientes a una mayor sustentabilidad sobre los ingresos y costos de un sistema extensivo ganadero del partido de Bahía Blanca.

Dorna, l. r., De lima Borges, g., Carmo, j. s., & Fernandes, h. j. (2019). Avaliação dos índices de eficiência nutricional de matrizes nelore em sistema extensivo. anais do enic.

INEGI. 2021, disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463855163

Leonetti Unzué, Tomas, Chayer, Ricardo, González Chaves, Santiago, Cabodevila, Jorge, & Callejas, Santiago. (2019). Efecto de un complejo vitamínico-mineral sobre la preñez pos-inseminación artificial a tiempo fijo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(4), 1811-1815. https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17170

Moreno, S., Ibarra, F., Martín, M., Retes, R., Hernández, J. E., & Rodríguez, J. D. C. (2020). La Técnica Del Destete Precoz Y La Castración De Becerras Para Exportación Como Una Alternativa Para Mitigar La Pérdida De Activos Ambientales En La Ganadería Sonorense. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *46*(1345-2020-1200), 498-507.

Senger, P. L. (2003). Pathways to pregnancy and parturition. Current Conceptions. Inc. Pullman, WA, 144.

REPORTE DE CASO: RUMETINITIS MICÓTICA SECUNDARIA A ACIDOSIS RUMINAL SUBAGUDA, EN UN BECERRO LACTANTE

Hernández S.C.A., *González L.R., Bedolla A.M.A., Olguín B.A. y Bautista P.U.J.

Resumen

La rumenitis micótica se caracteriza por ser una patología secundaria a diversos trastornos fisicoquímicos, metabólicos, derivados de prácticas inadecuadas o errores en la alimentación, siendo el más frecuente la acidosis ruminal subaguda. Este trastorno también puede tener su origen por el uso prolongado de antibióticos y malos manejos durante la lactancia de los becerros, econtrándose principalmente en ganado bovino productor de leche, provocando, alteraciones primarias a nivel de la mucosa ruminal, que pueden conducir en forma secundaria a la rumenitis micótica. La rumenitis micótica también conocida como mucormicosis o zigomicosis, es una infección fúngica oportunista causada por los hongos pertenecientes a la clase *Zygomycetes*, que incluye *Mucor, Rhizopus, Absidia* y con menor frecuencia a *Candida* y *Aspergillus*. En relación a su patogenia y signos clínicos inespecíficos, generalmente esta enfermedad suele diagnosticarse durante el desarrollo de el examen y pruebas diagnósticas *postmortem*. A pesar de su importancia como secuela de la acidosis ruminal, se encuentra poco descrita dentro de las referencias bilbiográficas disponibles. Por lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo describir los antecedentes, relacionando las lesiones encontradas en la necropsia y pruebas complementarias en una becerra raza Holstein de 21 días de edad, con signos clínicos de acidosis ruminal.

Introducción

La acidosis ruminal es un desorden metabólico frecuente en la producción de bovinos alimentados con dietas ricas en concentrados de fácil fermentación. Durante la acidosis ruminal el pH del rumen que normalmente se encuentra entre 6.2-7.0, es deprimido debido al acúmulo de ácidos grasos volátiles o ácido láctico. El aumento de la acidez y la osmolaridad ruminal por el acúmulo de ácidos, puede alterar la integridad de la pared ruminal, disminuir el pH sanguíneo y causar una deshidratación fatal en el bovino. La acidosis ruminal trae como consecuencia una disminución en el consumo de alimento, reducción en la digestibilidad de los alimentos fibrosos, una posible depresión de la grasa en leche y en ocasiones diarreas, laminitis, desplazamiento de abomaso, abscesos hepáticos y rumenitis crónica (1).

Existen dos tipos de acidosis ruminal en el ganado lechero: la acidosis ruminal subaguda (SARA por sus siglas en inglés) y la acidosis ruminal aguda. La SARA es la forma más común de acidosis ruminal que se encuentra en las unidades de producción lecheras. Esta consiste en períodos intermitentes de bajo pH ruminal de duración aguda a crónica. El pH ruminal deprimido durante la SARA se autocorrige en pocas horas. Las vacas afectadas no suelen mostrar signos clínicos evidentes cuando el pH ruminal está deprimido, sin embargo, los problemas de salud crónicos secundarios a la rumenitis pueden aparecer semanas o meses después (2). Por otro lado, la acidosis ruminal aguda es la más espectacular de las formas de trastornos de fermentación microbiana en el rumen y en algunos casos es letal en menos de 24 horas después del consumo de dietas ricas en almidones o carentes de fibra efectiva. La enfermedad ha recibido diferentes sinonimias como acidosis láctica, impactación ruminal aguda, sobrecarga ruminal, indigestión ácida, indigestión tóxica, ingurgitación de grano, sobrecarga de grano y acidosis D-láctica (3).

La acidosis ruminal aguda resulta de un consumo excesivo de carbohidratos fácilmente fermentables, que provoca una rápida fermentación con producción de ácido láctico, que conlleva a una disminución en el pH ruminal a niveles fisiológicamente inapropiados (pH 5.0-4.5). Esto sucede cuando los animales consumen un exceso de concentrados, por ejemplo; animales que se exponen súbitamente a los concentrados altos en carbohidratos no estructurales como el almidón, sin una adaptación previa; si los que ya consumen esos concentrados, en forma súbita lo hacen en una

* Rodrigo González López, Paseo de los Duraznos, número 45, interior 506, Col. Paseos de Taxqueña, Del. Coyoacán, CP. 04250. gonzalezlopez_3@hotmail.com, 5548462702.

cantidad excesiva por un acceso accidental a estos; o si los que han dejado de comer vuelven a hacerlo y se les ofrece un acceso sin restricciones a estos concentrados como ocurre principalmente durante el período seco y de transición del ganado productor de leche (3).

La acidosis ruminal es más común cuando los animales están agrupados que cuando se tratan por separado, probablemente por la psicología de competencia que induce un exceso de consumo. En general, los piensos implicados incluyen los granos de cereales usados comúnmente en raciones de alta producción (avena, trigo, cebada, maíz y sorgo) y los cultivos de frutos y tubérculos (variedades de remolachas, remolachas azucareras y patatas) (3).

Los efectos de la destrucción epitelial pueden ser de largo alcance, ya que el daño persiste después de la resolución de la acidosis aguda. Algunas levaduras y hongos que son resistentes a la elevada acidez colonizan fácilmente los sitios dañados, invaden la vascularización y provocan trombosis o se extienden al hígado y a otros órganos. La acidosis ruminal se considera una de las causas principales de rumenitis micótica y omasitis micótica, aunque se han identificado otras causas de predisposición. La rumenitis bacteriana también puede producirse a partir de daño químico y conducir a formación de abscesos primarios en la mucosa ruminal o hepáticos, celulitis difusa o perforación y peritonitis. Si el animal sobrevive a la acidosis aguda, puede sucumbir a la lesión (3).

La SARA se debe a alimentación con cantidades excesivas de concentrado con niveles bajos de forraje fibroso estructurado, con una ingestión continua durante un período prolongado. Las vacas lecheras están limitadas a períodos breves de bajo pH ruminal (pH 5.2–6.0), normalmente entre el parto y aproximadamente 5 meses después del parto; con el riesgo de SARA muy bajo fuera de estos períodos temporales. La microbiota ruminal se adapta a la alta ración de grano, y se encuentran grandes cantidades de organismos que metabolizan y producen lactato. La proporción de bacterias celulolíticas disminuye, mientras que las especies de fermentación de almidón y glucosa proliferan. En este tipo de acidosis, el ácido láctico no se acumula, ya que es metabolizado adicionalmente por las bacterias. La rápida velocidad de fermentación produce en su lugar concentraciones elevadas de AGV, con el resultado de un líquido ruminal moderadamente ácido con valores de pH comprendidos normalmente entre 5.0 y 5.5. El amortiguamiento ruminal de la carga de ácido incrementada se degrada, debido a que el fino tamaño de partículas de las raciones de alta energía induce menos masticación y producción de saliva. Como implica su nombre, los efectos en el animal son crónicos e insidiosos (3).

Junto con la alta concentración de AGV y el pH bajo, tiene lugar un cambio en las proporciones de AGV en el líquido ruminal. Las proporciones de ácidos butírico y propiónico se incrementan, y la de acetato disminuye. En un inicio, los ácidos butírico y propiónico estimulan la proliferación del epitelio en las papilas ruminales; cuando este proceso se exacerba, puede progresar a paraqueratosis. Los cambios por paraqueratosis se asocian con una disminución en la absorción de los AGV, con un aumento en la susceptibilidad a traumatismo e inflamación. El daño epitelial y la naturaleza ácida de la ingesta en algunos casos, parecen responsables de la inflamación de los tejidos profundos de la pared ruminal. Esta inflamación permite la penetración de bacterias con diseminación al hígado. El resultado común es la formación de abscesos hepáticos en una alta proporción de animales afectados (3).

Las células epiteliales ruminales no están protegidas por moco como las células del abomaso, por lo que pueden ser vulnerables al daño químico de la acidez excesiva. Un pH ruminal bajo se ha asociado con la inflamación del epitelio ruminal o rumenitis, que puede evolucionar hacia la erosión y la ulceración. El mantenimiento de la integridad del epitelio ruminal es crucial porque es la única capa protectora entre el entorno del rumen y la circulación portal. Lamentablemente, se producen cambios estructurales dramáticos del epitelio ruminal que ocurren en pocos días después de un episodio acidótico. La acidosis ruminal debilita la adhesión celular entre las células del epitelio ruminal, lo que permite la migración transmural de la microbiota del rumen a la circulación portal. Esta fuga conduce a una variedad de infecciones secundarias. El debilitamiento de la adhesión entre las células también puede aumentar la translocación de endotoxinas al torrente sanguíneo (2).

La exposición prolongada del epitelio ruminal al pH bajo provoca una ruminitis química, la cual comienza con el desarrollo de microvesículas dentro del estrato lucidum, edematización de las papilas y descamación epitelial. Posteriormente bacterias y hongos pueden invadir rápidamente el epitelio dañado, produciéndose desprendimientos y ulceración. Cuando la mucosa ruminal pierde su integridad, también pierde su capacidad para actuar como barrera entre el ambiente ruminal y la sangre, esto permite que bacterias patógenas como *Fusobacterium necrophorum* penetren el epitelio

ruminal y, a través de la vena porta, colonicen otros órganos. Estas bacterias pueden causar el desarrollo de abscesos hepáticos, y en algunos casos provocar peritonitis localizada.
En la paraqueratosis, secuela asociada a eventos de acidosis ruminal, las papilas tienen color oscuro, están agrandadas, engrosadas y arracimadas. Los cambios histológicos de las células epiteliales incluyen una capa engrosada, cornificada y retención anómala de núcleos en las células cornificadas. Esta enfermedad de la pared ruminal no suele diagnosticarse como un problema primario, aunque puede conducir a una disminución en el rendimiento del animal, los signos de enfermedad que conducen a su descubrimiento son normalmente los de acidosis crónica, una enfermedad con la que a menudo coexiste. Sin embargo, la paraqueratosis puede predisponer a otras lesiones en la pared ruminal, ya que las papilas anómalas sufren traumatismo más fácilmente, lo que conduce a enfermedad crónica inflamatoria de la pared según se expone previamente. En becerros el problema puede asociarse con tricobezoarios debido a la propensión de los becerros en las raciones asociadas con paraqueratosis a lamerse el pelo. La rumenitis micótica puede seguir a la acidosis ruminal, paraqueratosis y a enfermedades sépticas; también puede ocurrir después de alimentación con alimento estropeado y mohoso y sin causas aparentes de predisposición (3). Clínicamente todos los animales que tengan una pobre condición corporal, inapetencia o anorexia, contracciones ruminales, diarrea y/o melena deberían de tener como diagnóstico diferencial rumenitis micótica (9). Asimismo una historia de terapia antiinflamatoria o antibiótica de amplio espectro por un periodo prolongado, puede facilitar una infección micótica a nivel ruminal (10).

Reporte de caso clínico

Datos generales del animal

Becerra de la raza Holstein, con 21 días de edad, con número de identificación 1164. El día 25 de febrero se realizó la necropsia del animal antes referido. Los hallazgos más importantes fueron los siguientes:

Inspeccion externa
El cadáver presentó regular estado corporal y buen estado de conservación.
Inspección interna

Aparato digestivo: El rumen contenía moderada cantidad de arena mezclada con escasos granos (maíz y cebada), además la mucosa exhibía numerosos nódulos de 3 a 4 cm de eje mayor, tenían un centro hiperémico y algunos coalescían con otros (Figura 1 y 2). El abomaso contenía abundante leche coagulada y la mucosa presentaba una úlcera de 6 cm de diámetro con un borde hiperémico. El yeyuno se observaba distendido, con su pared adelgazada y contenía abundante líquido translúcido (no se muestra).

Sistema linfoide: Los linfonodos mesentéricos estaban aumentados 2 veces de tamaño y al corte el parénquima era blanco difusamente.

El resto de los órganos sin cambios patológicos aparentes.

Descripción macroscópica

Se revisan nueve secciones de rumen en donde se aprecia a nivel de la mucosa hiperqueratosis ortoqueratósica y paraqueratósica, algunas áreas con degeneración vacuolar de los queratinocitos, algunos focos con neutrófilos y piocitos en el epitelio ruminal (exocitosis), además de extensas úlceras infiltradas por neutrófilos, piocitos y macrófagos, inmersas hay hifas ramificadas.
Se revisan dos secciones de abomaso en cuya mucosa hay una úlcera extensa con abundante infiltrado inflamatorio compuesto por neutrófilos, piocitos y macrófagos, inmersas hay hifas ramificadas.
Se revisan seis secciones de intestino delgado en donde se observa atrofia y fusión de vellosidades; el epitelio se encuentra hiperplásico, además el borde apical de los enterocitos exhibe estructuras parasitarias redondas, anfofílicas de 1 micrómetro de diámetro compatibles con *Cryptosporidium* sp, la luz de algunas criptas contienen neutrófilos, piocitos y restos celulares; la lámina propia exhibe

moderada cantidad de infiltrado inflamatorio compuesto por linfocitos, células plasmáticas y macrófagos.
Se revisa una sección de linfonodo mesentérico cuyo parénquima muestra disminución en la población linfoide y pérdida de definición de los folículos linfoides.
Sección histológica de rumen donde el epitelio exhibe abundante infiltrado inflamatorio compuesto por neutrófilos, piocitos y macrófagos. De los vasos sanguíneos de la submucosa uno presenta en su luz un trombo que oblitera completamente su luz (flecha). Y el otro vaso sanguíneo muestra numerosas células inflamatorias (neutrófilos y macrófagos) (cabeza de flecha). Tinción H&E



Figura 1. Rumen en cuya mucosa se aprecian múltiples nódulos de 0.5 a 2 cm de diámetro, algunos de los cuales coalescen y el centro de dichos nódulos es de color rojo (hiperemia).



Figura 2. Acercamiento de la imagen anterior donde se ven varios de estos nódulos que coalescen.

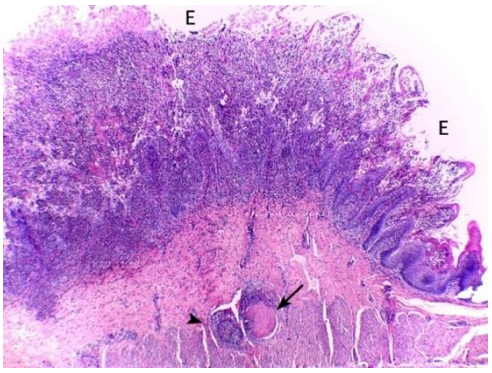


Figura 3. Acercamiento de la imagen anterior en donde se observa la mucosa ruminal densamente infiltrada por células inflamatorias como neutrófilos, piocitos y macrófagos Tinción H&E.

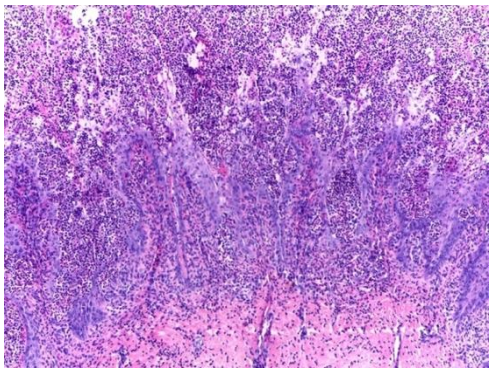
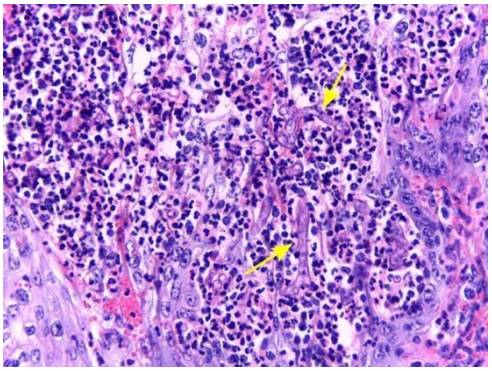


Figura 4. Imagen con mayor acercamiento de la mucosa ruminal donde además de mostrar el abundante infiltrado inflamatorio hay algunas estructuras micóticas (hifas ramificadas) señaladas con flecha amarilla. Tinción H&E.



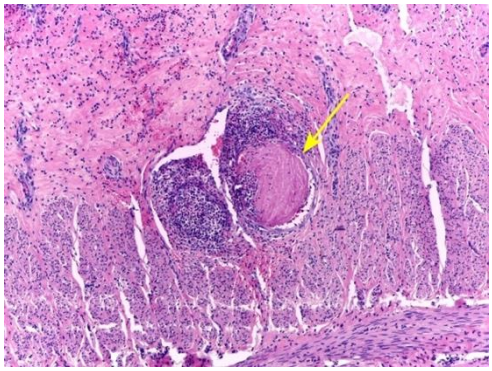


Figura 5. Acercamiento a la submucosa, un vaso sanguíneo esta obliterado completamente por un trombo (flecha amarilla), además de su pared infiltrada por células inflamatorias (neutrófilos y macrófagos), el otro vaso sanguíneo esta densamente infiltrado por el mismo tipo de células inflamatorias mencionadas. Tinción H&E.

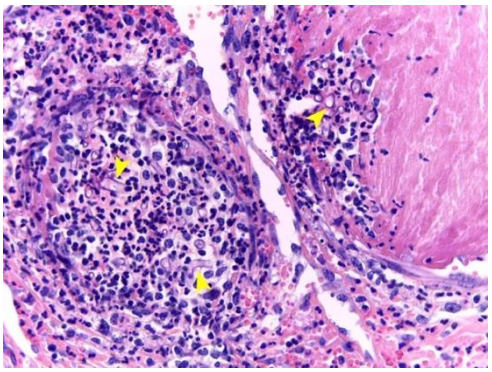


Figura 6. Inmersos en la reacción inflamatoria, se ven estructuras micóticas (hifas) (cabeza de flecha amarilla).

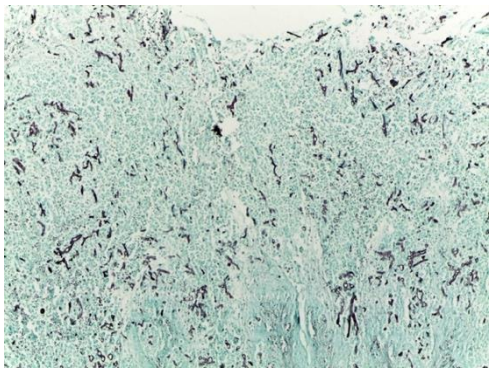


Figura 7. Sección histológica de rumen teñida con Grocott para resaltar las estructuras micóticas (hifas) de color negro (argentofílicas).

Figura 8. Sección histológica de submucosa ruminal, teñida con Grocott, mostrando los vasos sanguíneos y resaltando las estructuras micóticas (hifas) inmersas en la reacción inflamatoria.

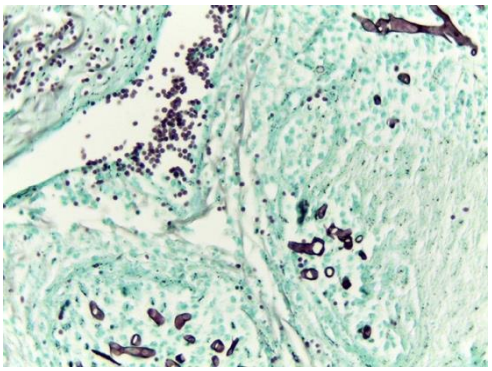


Figura 9. Acercamiento de sección histológica de submucosa ruminal, teñida con Grocott, mostrando los vasos sanguíneos y resaltando las estructuras micóticas (hifas).

Diagnósticos morfológicos

- Pleurobronconeumonía fibrinosupurativa, multifocal, moderada.
- Rumenitis nodular y ulcerativa, multifocal coalescente, grave con estructuras micóticas (hifas) intralesionales.
- Abomasitis ulcerativa, zonal, grave con estructuras micóticas (hifas) intralesionales.
- Yeyunitis no supurativa e hiperplásica, difusa, grave con atrofia, fusión de vellosidades, criptitis supurativa y estructuras parasitarias compatibles con *Cryptosporidium* sp.
- Atrofia y despoblación linfoide.

Discusión

Las lesiones post mortem descritas indican que este animal cursó con el cuadro clínico denominado "Rumenitis micótica" secundaria a una acidosis ruminal subaguda.
En vacas altas productoras, se utilizan raciones ricas en carbohidratos de fácil digestión que incrementan la síntesis de ácidos grasos volátiles, favoreciendo el descenso del pH ruminal. Estas

condiciones dan lugar a la aparición de acidosis ruminal, proceso cuya gravedad varía con base en la cantidad de alimento de fácil fermentación ingerido y el grado de adaptación de la microbiota ruminal (1). En contraste, la acidosis ruminal en becerros es una enfermedad en la que se produce una acidificación excesiva del contenido retículo-ruminal a causa de la fermentación de carbohidratos solubles a ácidos grasos volátiles y ácido láctico, por el acúmulo no fisiológico de leche o lacto-reemplazantes en el rumen. Esta afección es conocida comúnmente como "ruminal drinking" (11).

Debemos tomar en cuenta que los rumiantes poseen un estómago policavitario que se encuentra dividido en cuatro compartimentos: retículo, rumen, omaso y abomaso, los tres primeros, denominados "proventrículos" o "preestómagos", tienen a su cargo la mezcla y estratificación de los alimentos y su degradación enzimática y la última estructura funge como estómago glandular verdadero. Sin embargo, los rumiantes lactantes presentan una adaptación fisiológica de estas cuatro cavidades que permite que la leche pase directamente del esófago al abomaso por la denominada canaladura esofágica, pliegue rumino-retículo-omasal o surco gástrico, funcionando así como monocavitarios temporalmente. De esta forma el abomaso es la única cavidad que asume la función digestiva de la leche (11).

La canaladura esofágica o surco esofágico es una estructura anatómica que se extiende desde el orificio cardias hasta cerca del píloro, a través de la curvatura menor del retículo, del omaso y del abomaso. Se divide en tres segmentos: el surco reticular (*Sulcus reticuli*), el surco omasal (*Sulcus omasi*) y el surco abomasal (*Sulcus abomasi*) (12).

Se considera que en becerros lactantes sanos menos del 10% de la leche ingerida fluye al retículo y rumen. Normalmente la cantidad de leche que se encuentra en el rumen es evacuada en unas 3 horas sin consecuencias desfavorables, pero si la canaladura esofágica no cierra rápida y suficientemente, fluyen importantes volúmenes hacia los preestómagos (11), produciéndose fermentaciones indeseadas por parte de las bacterias ruminales como *Streptococcus bovis* y *Lactobacillus* (5). El producto más perjudicial que se produce por la fermentación bacteriana de la fracción de carbohidratos de la leche es el ácido láctico (13). Si la acumulación de grandes volúmenes se repite por llegada en exceso o fallo de la evacuación, se desarrolla una rumenitis acompañada de una acidosis ruminal y metabólica (11). Existen algunos factores predisponentes para que los becerros presenten ingestión ruminal causada por la falla del cierre de la canaladura esofágica. Estos factores incluyen diarrea neonatal, tiempos irregulares de alimentación, sustituto de leche de baja calidad, alimentación con leche o sustituto de leche a temperatura muy fría, beber de un balde abierto y alimentación con sonda (5).

Cuando los becerros presentan falla en el cierre de la canaladura esofágica se observan una serie de efectos en el tracto intestinal y también sistémicos tales como: Inflamación de los tejidos que cubren el estómago (incluyendo el rumen, retículo, omaso y abomaso), inflamación de la mucosa del rumen y del retículo que puede causar la falla permanente del cierre del surco, empeorando la situación con evidencia de enfisema mural, vesiculación epitelial y paraqueratosis debida a las altas concentraciones de AGV (5).

La rumenitis micótica puede seguir a la acidosis ruminal, paraqueratosis y a enfermedades sépticas, especialmente después del uso de antibióticos orales. Ya que el tracto alimentario bovino, y especialmente el rumen y el abomaso, constituyen un lugar frecuente de infección micótica (8).

Las enfermedades que provocan anorexia, reflujo abomasal de ácidos gástricos pueden predisponer a un animal a rumenitis y omasitis micótica. Este tipo de rumenitis puede ser grave, con trombosis vascular e infarto, necrosis mural y gangrena suficiente para causar la muerte (3).

En un estudio previo publicado en 2015, se realizó la necropsia de 460 becerros menores de 6 meses, en donde se diagnosticaron micosis sistémicas en el 4,7% de los casos, de las cuales la mayoría (63,2%) constituían micosis del tracto alimentario. Los porcentajes de micosis del tubo digestivo de becerros menores a 6 meses correspondían a mucormicosis (91,7%), aspergilosis (41,7%) y candidiasis (9,3%). En el 33,3% de los becerros se detectó una infección mixta por Mucorales y *Aspergillus spp* (8).

La mucormicosis también conocida como zigomicosis o rumenitis micótica es una infección fúngica oportunista causada por los hongos que pertenecían a la clase *Zygomycetes*, que incluye *Mucor, Rhizopus, Absidia* y con menor frecuencia a *Candida* y *Aspergillus* que afecta, principalmente el rumen y el omaso, tras la acidosis ruminal, la mastitis, el periodo postparto y/o el uso prolongado de antibióticos (7,8,14). Los agentes causantes de las mucormicosis son principalmente *Absidia corymbifera* y *Rhizomucor pusillus*, pero también se informó de la presencia de *Rhizopus arrhizus,*

R. microsporus y *R. oryzae* en otras fuentes bibliográficas (14). Este tipo de hongos pueden invadir los vasos sanguíneos y causar lesiones características, como trombosis, infarto, necrosis y hemorragia, similares a las halladas en el caso clínico expuesto en este trabajo (15).
Los hongos mucoraleanos son omnipresentes en el medio ambiente y pueden encontrarse en la vegetación, el suelo y los alimentos. Aunque *Mucor sp., Rhizopussp.* y *Lichtheimia sp.* son residentes de la microbiota ruminal, estos hongos son capaces de causar infecciones fúngicas sistémicas y profundas, que a menudo están relacionadas con el estado inmunitario del animal (15).
En otra fuente se muestra la distribución de las lesiones en 38 bovinos con micosis alimentaria en donde se observaron presentes en; rumen (28 bovinos; 73,7%), el retículo (8 bovinos; 21,1%), el omaso (27 bovinos; 71,1%), el orificio omasoabomasal (3 bovinos; 7,9%), el abomaso (13 bovinos; 34,2%), tanto el rumen, retículo u omaso como el abomaso (12 bovinos; 31,6%), intestino (6 bovinos; 15,8%) y lengua (1 animal; 2,6%) (16).
En un estudio histopatológico de 23 bovinos con micosis de los compartimentos estomacales, en todos los casos agudos se observaron hifas en los vasos trombosados, por lo que la diseminación sistémica es posible por propagación hematógena de las formas hifales a partir de estos focos, como lo observado en la histología del presente caso, en donde existe un infiltrado inflamatorio compuesto por linfocitos, células plasmáticas y macrófagos con hifas ramificadas inmersas, dando sustento a la teoría de propagación hematógena (10).
En otro estudio en donde se evaluaba el efecto prolongado de antibióticos y antiinflamatorios en bovinos, se observó que el retículo y el abomaso suelen ser los principales órganos infectados tanto por *A.fumigatus* como por zigomicetos. En este estudio los cultivos micológicos produjeron un crecimiento puro de *A. fumigatus* en todas las lesiones micóticas. Además de proponer una diseminación fúngica al hígado, los pulmones y los riñones por vía hematógena que se origina por invasión hifal directa y a través de los vasos sanguíneos de los compartimentos estomacales. Aunque la afectación primaria por aspergilosis en el tracto gastrointestinal suele ser rara (10).
En la necropsia no se pueden observar diferencias entre las lesiones macroscópicas de la mucormicosis y la aspergilosis. En la mucosa de los compartimentos pregástricos se puede observar inflamación e hiperemia de las papilas mucosas, necrosis hemorrágicas focales y úlceras (16). Microscópicamente, en la micosis ruminal se pueden observar trombosis, necrosis coagulativa e hifas típicas de Mucorales o *Aspergillus spp* (8). Histopatológicamente, las lesiones de micosis se han caracterizado por la presencia de necrosis amorfa con calcificación, fibrosis e infiltración de neutrófilos, macrófagos, linfocitos y células gigantes multinucleadas (7). En el caso de la candidiasis en los preestomagos, se observa hiperqueratosis de la mucosa con pseudohifas y microconidias (8). Cuando se observan hongos filamentosos en secciones de tejido, hay que diferenciar entre los zigomicetos y otros hongos filamentosos, como *Aspergillus spp*. y *Candida spp*. Además, en los tejidos infectados con *Aspergillus spp*. y *Candida spp.* pueden observarse esporulación y blastoconidias, respectivamente (7). Las hifas miceliales proliferantes de *Zygomicetes* presentan rasgos característicos, son anchas, de grosor desigual, ramificadas en ángulos rectos, y no poseen los tabiques transversales típicos de *Aspergillus spp*. (8).

Conclusión

El diagnóstico etiológico se debe de basar en la historia clínica, hallazgos clínicos, patológicos e histológicos, como se llevó a cabo en este caso clínico, siendo de vital importancia la identificación del hongo mediante técnicas micológicas y moleculares para llegar a un diagnóstico etiológico preciso. La mucormicosis intestinal sigue estando poco descrita en el ganado bovino y debería incluirse como diagnóstico diferencial en los casos de diarrea y muerte en rumiantes, especialmente cuando están presentes algunos factores predisponentes, como el uso prolongado de antibióticos, falla en el cierre de la canaladura esofágica y el estrés relacionado con el destete en becerros. Adicionalmente, el presente trabajo suma la importancia de realizar el examen postmortem en animales, donde generalmente los signos clínicos suelen ser inespecíficos como ocurren en la mayoría de los casos asociados a rumenitis micótica.

Referencias

1. Granja Salcedo YT, Ribeiro CS, Toro Gomez DJ, Rivera Calderón LG, Machado M, Manrique Ardila A. Acidosis ruminal en bovinos lecheros: Implicaciones sobre la producción y la salud animal. Rev Electron Vet. 2012;13(4):1–11.
2. Oetzel GR. Diagnosis and Management of Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Herds. Vet Clin North Am - Food Anim Pract [Internet]. 2017;33(3):463–80.
3. SMITH BP. Medicina Interna Grandes Especies. Vol. 4, ELSEVIER. 2010. 88–100 p.
4. Contreras P, Noro M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa [Internet]. RUMEN: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 2010. 25–36 p.
5. Ricardo J, Parrado B. Evaluación del estado ácido-base en terneros con acidosis ruminal inducida experimentalmente : Aplicación de dos modelos de diagnóstico. Tesis Maest. 2015;104.
6. Hernández Salgado JR, Ortega Sánchez JL, Villagómez Hernández J. Prevalence of Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cattle of the Comarca Lagunera, México. Rev Chapingo Ser Zo Arid. 2008;7:187–92.
7. Nishimura M, Toyota Y, Ishida Y, Nakaya H, Kameyama K, Nishikawa Y, et al. Zygomycotic mediastinal lymphadenitis in beef cattle with ruminal tympany. J Vet Med Sci. 2014;76(1):123–7.
8. Stefaniak T, Houszka M, Nowaczyk R, Rouibah K, Jawor P. Zygomycosis of the abomasum in neonatal calves during treatment of diarrhea caused by Escherichia coli: A case report. Med Weter. 2016;72(4):263–7.
9. Jensen HE, Olsen SN, Aalbæk B. Gastrointestinal Aspergillosis and Zygomycosis of Cattle. Vet Pathol. 1994;31(1):28–36.
10. Jensen HE, Schonheyder H, Basse A, C D-F, Seruminstitut S, S DK-C. Acute Disseminated Aspergillosis in a Cow with Special Reference to Penetration and Spread. J Comp Pathol. 1991;411–7.
11. Puig Lozano RP, De la Rubia Céspedes S, Chacón Rebolé M, Lavilla Núñez DD, Villaescusa Fernández A, Blanco Murcia J. Acidosis ruminal en el ternero lactante: a propósito de un caso clínico. Reduca (Recursos Educ Ser Congr Alumnos. 2013;5(3):143–8.
12. María-José M-A, Cal-Pereyra LG, Fernández-Caso M, José-Ramiro G-M. Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del surco reticular. Revisión. Rev Mex Ciencias Pecu [Internet]. 2019;10:729–55.
13. Gentile A, Sconza S, Lorenz I, Otranto G, Rademacher G, Famigli-Bergamini P, et al. D-Lactic acidosis in calves as a consequence of experimentally induced ruminai acidosis. J Vet Med Ser A Physiol Pathol Clin Med. 2004;51(2):64–70.
14. T. IKEDA, K. TABUCHI, K. SHIROTA, Y. UNE AYN. Mucormycosis in a cow. Japanese J Vet Sci [Internet]. 1987;49:101–4.
15. Slaviero M, Vargas TP, Bianchi MV, Ehlers LP, Spanamberg A, Ferreiro L, et al. Rhizopus microsporus segmental enteritis in a cow. Med Mycol Case Rep.
16. Chihaya Y, Matsukawa K, Ogasa K, Furusawa Y, Matsuif Y, Okada H. A Pathological Study of Bovine Alimentary Mycosis. J Comp Pathol. 1992;107:195–206.

USO DE MICROMINERALES INYECTADOS SOBRE PROTOCOLO REPRODUCTIVO EN GANADO BEEFMASTER BAJO CONDICIONES DEL SUR DE SONORA

*Gutierrez N. D. J.; Gastélum D.M.A., Aguilar Q.A., Angulo V. I.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue realizar una comparación en el uso de los microminerales inyectados sobre un protocolo reproductivo bajo condiciones del sur de Sonora. Dicho trabajo se llevó a cabo realizando un análisis (n=101) en vacas de la raza Beefmaster las cuales contaban con una condición corporal (CC) promedio de 2.5–3 (escala del 1-5) y un intervalo de 1-3 partos. Los animales fueron divididos en dos grupos en donde el grupo 1 de (n= 51) animales a los cuales se les aplicó microminerales a base de Selenio, Cobre, Manganeso, y Zinc, además de biológicos (bacterinas y virales) por vía parenteral. Al grupo 2 (n=50) no se le realizó aplicación alguna. Posteriormente ambos grupos iniciaron con un protocolo de sincronización de 10 días, después se realizó un repaso con toro 15 días post IATF y se finalizó con el diagnóstico de gestación a los 60 días post IATF con el fin de evaluar el porcentaje de tasa de gestación y la tasa de gestación al primer y segundo servicio. Con base en los resultados que fueron obtenidos se realizó un análisis estadístico por medio de una prueba do paramétrica Ji-Cuadrada, la cual se comprobó en SAAS versión 9.4. Como resultado se obtuvo un valor de gestación del 56% en el grupo 1 en los animales que fueron suplementados y se obtuvo un valor de ($P<0,05$) en la IATF al primer servicio con lo que podemos concluir que el implementar esta suplementación se logró obtener mejores resultados de la preñez con la IATF.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera mantiene una relevancia significativa en el contexto socioeconómico del país, ya que, en conjunto con el resto del sector primario, ha sido sustento para el desarrollo de la industria nacional debido a que este proporciona alimentos y materias primas, divisas, empleo y distribuye los ingresos en el sector rural y hace uso de los recursos naturales que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura u otras actividades productivas (Agüero, 2007). El estado de Sonora tiene un papel importante en la actividad ganadera del país debido a sus elevados niveles de producción con los cuales participa año tras año cumpliendo con las normas sanitarias para el funcionamiento de las unidades productivas y presencia en los mercados exteriores (SAGARHPA, 2023).

En una empresa ganadera, uno de los factores que más influyen tanto en la productividad como en la rentabilidad de la misma es la eficiencia reproductiva del hato. Los problemas a nivel reproductivo del hato pueden surgir por defectos congénitos, por un mal manejo reproductivo (fallas en la detección de celo, manejo del semen e inseminación), enfermedades infecciosas, factores ambientales y problemas nutricionales (Campabadal, 2008 y Gómez, Rueda, 2011).

A la hora de seleccionar un suplemento mineral siempre se debe tener en cuenta la calidad del producto a utilizar debido a que el empleo de un producto de baja calidad puede provocar intoxicaciones debido a las impurezas y contaminantes que las mismas suelen contener (Mc Dowell, 1993). La adecuada nutrición de los animales requiere que éstos reciban de forma correcta una dieta con concentraciones balanceadas necesarias de proteínas, hidratos de carbono y grasas, en conjunto con las vitaminas y minerales; cuyos nutrientes son indispensables para el crecimiento y producción del ganado (Balbuena, 2003).

*

*Dennia Juleivy Gutierrez Nieblas, Fray Juan de Zumárraga #2450, Col. Tepeyac, CP. 85150, Obregón, Son. denniajuleivy@gmail.com. 631-123-0098. Modalidad: Cartel. Área: Medicina de producción.

Las actividades fisiológicas relacionadas con la reproducción como son la presencia del ciclo estral, gestación, lactancia y el crecimiento son exigentes desde el punto de vista mineral y requieren un suministro constante y adecuado de los mismos, en este caso hablamos de microminerales como Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Selenio (Se), y Zinc (Zn) (Forero 2004). Es por ello que los microminerales juegan un papel importante en la reproducción, ya que, al presentarse alguna deficiencia de los mismos, se desencadenan problemas directos o derivados como pueden ser retención de placenta, infertilidad, subfertilidad, anestro o fallas en la función ovárica que impactan en pérdidas económicas para el ganadero. Una vez implementada una regulación mineral es conveniente realizar un seguimiento sanitario productivo para asegurarse del resultado que se está obteniendo con el mismo (Rodríguez, Arroyo, Blanco, Herrera, Molina, 2020).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en un rancho perteneciente al municipio de Navojoa, al sur del Estado de Sonora con coordenadas (27°4´13" latitud norte 110°07´12" longitud oeste), en donde se utilizaron (n=101) vacas de la raza Beefmaster las cuales tenían una condición corporal (CC) promedio de 2.5–3 (escala de 1-5) y un intervalo de 1-3 partos. 30 días post parto todas las vacas fueron sometidas a un manejo sanitario preventivo a base de biológicos (Bacterianas y virales) y se les aplicó microminerales inyectados (selenio, cobre, zinc, y manganeso).

Estas fueron divididas en dos grupos en donde el grupo 1 se conformó de n= 51 animales a los cuales se les aplicaron microminerales a base de Selenio (Se), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) por vía parenteral. Por otro lado, al grupo 2 n=50 no se le realizó aplicación alguna, utilizándolo como un grupo control. Posteriormente a la revisión y al manejo sanitario, a los 20 días después se inició un protocolo de sincronización de 10 días a ambos grupos, se aplicó un dispositivo intravaginal (+) 2mg benzoato de estradiol; se retiró el dispositivo al día 8 y se administró 300 UI eCG y 150 mg Cloprostenol y finalmente se realizó la IATF. A los 15 días se introdujeron sementales para repaso.

Se realizó el diagnóstico de gestación a los 60 días post IATF por medio de la ultrasonografía. Se determinaron las variables % tasa de gestación general y % de gestación al 1er y 2do servicio. Para el análisis estadístico se utilizó una comparación por medio de una prueba no paramétrica Ji-Cuadrada la cual se comprobó en SAS versión 9.4.

RESULTADOS

En el cuadro No. 1 se observan los promedios generales de los animales en donde se obtuvo una tasa de gestación similar entre ambos tratamientos. En el cuadro No. 2 se muestran la tasa de gestación a 1er y 2do servicio donde se obtuvo una mayor tasa de gestación ($P < 0,05$), en las vacas a las que se les aplicó minerales con relación al grupo control (50 vs 39% respectivamente).

Cuadro No.1 Efecto del tratamiento sobre la Tasa de gestación por tratamiento

Tratamiento	% de Gestación
Minerales	56 (28/50)
Control	54 (28/50)

Cuadro No.2 Efecto del tratamiento sobre la tasa de gestación al primer y segundo servicio.

Tratamiento	Vacías	IATF	Toro
Minerales	44 (22/50)	50 (14/28)[a]	50 (14/28)
Control	45 (23/51)	39 (11/28)[b]	60 (17/28)

[a,b] Valores con distinta literal presentan diferencias significativas (P<0,05)

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La IATF es considerada una práctica reproductiva que ha tenido un gran desarrollo durante los últimos años y que además implica en algunos casos el encierre de vientres potencialmente carentes en vitaminas y minerales. El utilizar un protocolo de IATF podría ser un momento oportuno para la suplementación parenteral de los mismos en aquellas zonas con riesgo potencial de carencia, así como también una herramienta para reducir el daño oxidativo que se genera a nivel celular por situaciones estresantes como lo son el manejo o las condiciones ambientales (Bo *et al*., 2005). En determinadas circunstancias, el estrés generado por el manejo de los animales durante la implementación de los protocolos de IATF se ha traducido en una disminución en el porcentaje de preñez, dicha situación incrementa el estrés oxidativo. En consecuencia, el uso de un complejo vitamínico-mineral ayudaría a disminuir el mismo, mejorando las condiciones en las cuales el animal se defiende de dicho proceso, esto se traduce a una mejora en el porcentaje de preñez post IATF (Vater et al., 2011).

Leonetti, (2015) evaluó el efecto de un tratamiento inyectable con vitaminas y minerales sobre el porcentaje de preñez post-IATF en vaquillonas, utilizando 361 animales dividiéndolos en 2 grupos concluyendo que el suplementar microminerales favorece a una mejor tasa ovulatoria por tanto a un mejor resultado en los programas reproductivos.

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, se determinó que las vacas suplementadas con los microminerales previamente al programa de sincronización, presentaron un mayor porcentaje de preñez a primer servicio que las vacas no fueron tratadas. El implementar esta suplementación logramos obtener mejores resultados de la preñez con la IATF.

LITERATURA CITADA

- Agüero, M., (2007) Modalidad de bovinos. Universidad Nacional Autónoma De México [UNAM].
- Balbuena, O. (2003) Nutrición Mineral del Ganado, *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 1-2. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_nutricin_mineral_del_ganado.pdf.
- Bo G. A.; Cutaia L.; Chesta P.; Balla E.; Pincinato D.; Peres L.; Maraña D.; Avilés M.; Menchaca A.; Veneranda G.; Baruselli P. (2005). Implementación de programas de inseminación artificial en rodeos de cría de argentina. VI° Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba, Argentina. Pág. 97 - 128.
- Campabadal, C. (2008). Efecto de la nutrición sobre la reproducción del ganado de leche. http://www.agrominerales.com/temasdeinteres/temas1/efectos_de_la_nutricion_en_reproduccion_campabadal.pdf.
- Gómez, J., Rueda, R. (2011). Productividad del Sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009. http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/2629/10473962 60-2011.pdf?sequence=1
- Forero L.E. (2004) Fallas Reproductivas Asociadas a Deficiencias de Microminerales: Caso Colombiano. Universidad Nacional de Colombia.
- Leonetti Unzué Tomás José, C. R. (2015). Efecto de un complejo vitamínico-mineral sobre la preñez post-IATF. (tesis para optar al grado de médico veterinario) universidad de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires , Argentina.
- McDowell, L, Conrad, J., Hembry, F., L.X. Rojas, G. Valle, J. Velazquez, (1993) Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, USA, 92 pp.
- Rodriguez, L., Arroyo, C., Blanco, F., Herrera, J., Molina, R., (2020). Efecto de suplementos minerales orales e inyectables en el desarrollo morfológico de novillas cruzadas, *Nutrición Animal Tropical* 14(2): 1-22. DOI: 10.15517/nat.v14i2.43486.
- Vater, A.; Rodríguez Aguilar, S.; Loza, J.; Otero Illia, M.; Cabodevila, J. y Callejas, S.2011. Efecto del manejo de vacas con cría durante la implementación de una IATF sobre la tasa de preñez. Rev. Taurus 51: 17-20.

CASOS DE PAPILOMATOSIS BOVINA EN EL MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO.

Aurelio. I. F., Farias. A. Y., * Santos. A. C. R., Torres. M. E. E.

RESUMEN
La papilomatosis bovina es una enfermedad viral del ganado vacuno, que se caracteriza clínicamente por el desarrollo de múltiples tumores benignos. Además, que, en algunos casos, las lesiones papilomatosas pueden sufrir una transformación maligna y convertirse en neoplasias y posteriormente en carcinoma. En México se presenta con mayor incidencia en zonas semidesérticas y tropicales, aumento en la época de verano. En el estado de Guerrero no existen estudios acerca de la enfermedad y no se conocen datos de prevalencia e incidencia. El presente trabajo se realizó, con el objetivo de Evaluar la Aplicación de la hemoterapia y Autovacuna para el tratamiento de Papilomatosis Bovina en el rancho “San Andrés” Ubicado en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. Se consideraron cinco becerras entre ellas razas suizas y cruza, a las que se les realizo el examen físico general para detectar papilomas y las características de los animales afectados, así como el manejo que les da el propietario. Los resultados mostraron el total de las cinco becerras con manifestaciones clínicas de papilomatosis. En las becerras enfermas el grado de afección es “5" (de “1” a “5” papilomas por animal). El tratamiento es la aplicación de hemoterapia acompañada de un inmunoestimulante, así mismo la Autovacuna fue elaborada en el laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de Cuajiniculapa, Gro. A cargo del químico Mario Mendoza maestro de la misma.
Palabras claves: Papilomatosis bovina, *Papilomavirus*, papilomas, hemoterapia, Autovacuna.

INTRODUCCION

La papilomatosis bovina es una enfermedad del ganado vacuno caracterizada por la presencia de papilomas y fibropapilomas, especialmente en piel y ubres, es originada por la infección por papilomavirus bovino (BPV), es un virus de distribución mundial que presenta multiples lesiones proliferativas de naturaleza fibroepitelial, caracterizadas por la aparición de tumores benignos (papilomas, fibropapilomas, o verrugas) en piel y mucosas, las lesiones sufren regresión espontanea o progresan a la malignidad cuando son expuestos a factores ambientales. El diagnóstico, se basa en la caracterización clínica de las lesiones, la ubicación y la forma (cardona et al 2016).
Las lesiones causadas por los papilomavirus experimentan regresión espontanea luego de algunos meses; sin embargo, se sugiere que las lesiones que no desaparecen espontáneamente, pueden sufrir una transformación y convertirse en carcinoma de células escamosas. Los animales de cualquier edad son susceptibles a la infección, aunque los terneros suelen ser los más afectados (Saveira, 2006; Murphy, 1999).
Cuando los becerros presentan papilomatosis, los engordadores no los compran y se dificultan su venta. En animales de raza pura, la enfermedad puede también interferir con las ventas y ser un inconveniente para su exposición, ya que en algunos países no son considerados como animales sanos y no se les otorga certificado sanitario (Reza, 2008).
Los animales con extensas lesiones pueden perder peso y la invasión bacteriana secundaría de verrugas traumatizadas, pueden llegar a ser preocupante (Radostits et al., 2002). Las lesiones en pezones de vacas en producción, interfieren en diferente grado con los procesos de ordeño (Radostits et al., 2005; Martin, 2010).
Una de las alternativas para el control de la papilomatosis en los hatos es la autovacuna. En su término más restringido generalmente las destinadas a uso humano reciben este nombre las vacunas preparadas a partir de gérmenes aislados de un individuo a tratar, el cual tiene una afección ya establecida y generalmente crónica o aguda recidivante, en los que la terapia con antimicrobianos u otro tipo de preparado biológico no han logrado eliminar el agente causal, siendo el papel de esta vacuna inmunoterapeutico. (Pulido, 2009.)
En veterinaria recibe este nombre los preparados elaborados a partir de cepas aisladas provenientes de uno o varios individuos del grupo afectado y puede ser aplicado terapéuticamente a todo el conjunto o lote. Son vacunas inactivadas y no toxicas. Pueden usarse más de un microorganismo, aislados del mismo rodeo y no debe emplearse de otro rodeo (Pulido, 2009.)
Con el uso de la autovacuna el desarrollo de los papilomas en los animales es más lento, y la duración de la enfermedad es más corta que en animales no vacunados. En terneros inoculados, los

papilomas no alcanzan su fase final de desarrollo, sino que empieza su regresión en etapas más tempranas; además hay una alta producción de anticuerpos (Pulido, 2009.)
Un estudio realizado en 20 bovinos, en Veracruz, México que consistió en la comparación de la autovacuna con la Ivermectina en 1 y 2 aplicaciones, en donde la autovacuna actuó de mejor manera que la Ivermectina para el tratamiento de la papilomatosis bovina (Pulido, 2009.)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de investigación

Este caso clínico fue realizado en el municipio de Cuajinicuilapa, ubicado en el estado de Guerrero. La Ubicación geográfica es la siguiente. Coordenadas y altitud entre los paralelos 16° 19´ y 16° 36´ de altitud norte; los meridianos 98° 21´ y 98° 44´ de longitud oeste; altitud entre 0 y 200 m. Colindancia, colinda al norte con los municipios de Juchitán, Azoyú y Ometepec: al este con el municipio de Ometepec y el Estado de Oaxaca; al sur con el Estado de Oaxaca y el Océano Pacifico; al oeste con el Océano Pacifico y el municipio de Marquelia y Juchitán.
Se consideraron cinco becerras entre ellas razas suizas y cruza, a las que se les realizo el examen físico general para detectar papilomas y las características de los animales afectados, así como el manejo que les da el propietario. Los resultados mostraron el total de las cinco becerras con manifestaciones clínicas de papilomatosis. En las becerras enfermas el grado de afección es “5" (de “1” a “5” papilomas por animal). El tratamiento es la aplicación de hemoterapia acompañada de un inmunoestimulante, así mismo la Autovacuna fue elaborada en el laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de Cuajiniculapa, Gro. A cargo del químico Mario Mendoza maestro de la misma.
Se atendieron cinco casos de papilomatosis en cinco becerras entre dos años y cuatro meses aproximadamente, son de raza suizas. Se someterán a tratamiento por medio de hemoterapia y fármacos como vitaminas, minerales he inmunoestimulantes. Esto se llevará a cabo en cuatro aplicaciones por cada siete días y se estarán observando de acuerdo a como vallan evolucionando en el tratamiento durante un mes.
Para el caso de las vacas tratadas con la autovacuna se aplicó en dos dosis de 10 ml por aplicación, la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la primera y se midieron los resultados un mes después de iniciar el tratamiento.
MATERIALES:

- Jeringas con agujas de 18x1
- Guantes de látex
- Vitaminas y minerales
- 5 becerros
- Sangre
- Inmunoestimulantes.
- Bisturí
- 4 Frascos para muestra de orina
- Formol
- Bubas (Verrugas)
- Morteros de porcelana
- Centrifuga

RESULTADOS
ANEXOS

1. Nombre del propietario: Andrés Cruz
2. Comunidad: Cuajinicuilapa
3. Número total de animales: 60 animales
4. Finalidad productiva:
    a) Leche y becerros
    b) Becerros
    c) Otro

5. Frecuencia de ordeña

a) Diaria
b) Cada tercer día.
c) Una vez por semana.
d) Diario en las lluvias.

6. ¿Cómo utiliza el material con el que vacuna a sus animales?
   a) Una solo aguja y jeringa para todos.
   b) Aguja por animal pero misma jeringa.
   c) Aguja y jeringa por animal.
   d) Otra:

7. ¿Ha adquirido animales de otros ranchos, en los últimos tres años?
   a) Si: X
   b) No:

8. ¿Cuál es el origen de los animales?

Animales	Región	Municipio	Estado	Otro Edo.
Sementales				
Vacas				
Vaquillas				
Becerras (os)				

9. ¿Cuál considera que fue la fuente de contagio?

10. ¿Qué tratamiento les da a los animales con papilomatosis?

11. ¿Sus animales entran en contacto con animales de otros ranchos?
    a) Si
    b) No X

12. ¿Sus animales tienen o han tenido papilomatosis en los últimos tres años?
    a) Si
    b) No X

a) ¿Ha consultado al médico veterinario para el tratamiento de la papilomatosis?
b) Si
c) No

d) ¿Después del tratamiento se ha resuelto la enfermedad?
e) Si
f) No

g) ¿Qué hace con los animales que no son curados?

h) Vuelve a darles tratamiento
i) Sin tratamiento
j) La desecha
   a) Otros

13. ¿Los animales de sus vecinos tienen o han tenido papilomatosis?
    a) Si
    b) No
14. ¿En qué meses aparece la papilomatosis?

¿Ha observado si la papilomatosis afecta alguna etapa productiva en particular? ¿Cuál?

Resultados



Imagen No. 1: *Para la comparación se utilizaron 5 vacas del rancho San Andrés, de las cuales 3 fueron destinadas para autovacunas y 2 para hemoterapia (las vacas fueron elegidas al azar).*



Día 1. Se tomaron 20 ml de sangre de la vena yugular para aplicarla vía intramuscular a las 2 vacas tratadas con hemoterapia y acompañada de 20 ml de proteizoo plus, la hemoterapia se realizó cada 7 días por un mes por lo tanto se aplicó 4 tratamientos de hemoterapias a las 2 vacas.



Imagen No. 2:



Imagen No. 3:

Segundo tratamiento de hemoterapia



Imagen No. 4:



Imagen No. 5:

Tercer tratamiento de hemoterapia



Imagen No. 6:



Imagen No. 7:

Cuarto tratamiento de hemoterapia.



Imagen No. 8:



Imagen No. 9:

Se seleccionaron tres vacas a lazar para darles tratamiento con autovacuna, como primera parte se tomaron los papilomas y se depositaron en bolsas estériles y enumeradas con el número de vaca 2, 3 y 5 tomando una cantidad de 5 gramos.



Imagen No. 10:



Imagen No. 11:

Luego se procedió a pesar los papilomas en la balanza para lo cual, debemos encerrarla y luego es decir poner en cero para que no existan alteraciones al momento del pesaje, asegurándonos que fueran 5 gramos de muestra de los papilomas.



Imagen No. 12:



Imagen No. 13:

Luego se colocan el en mortero donde se proceden a macerar, después se agregan 4 ml de solución salina por cada gramo de papilomas y se macera hasta tener una muestra homogénea.

Se procedió a filtrar en el vaso de precipitación por medio de las gazas para que solo caiga el líquido y los residuos queden en ella.

Posteriormente las muestras se colocaron en tubos de centrifugado pasar a la centrifuga, a 15 minutos a razones de 2000 rpm.

Después se retiran los tubos y con una pipeta de adsorción se retira todo el sobrante para colocarlo en un frasco estéril debidamente rotulado.

Una vez en el frasco se coloca el antibiótico (500 UI de penicilina) y el formol se coloca en dosis de 0, 0025 ml por cada gramo de papiloma como inactivado y conservado del virus.

Se realizó este proceso para todas las muestras de cada animal.



Imagen No. 23:

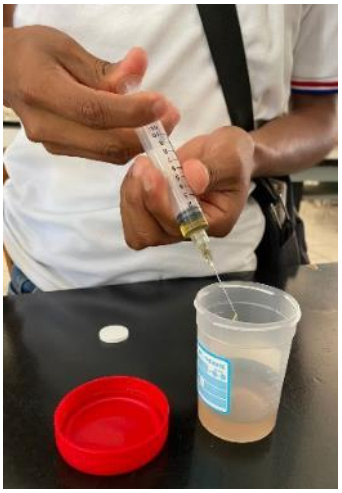


Imagen No. 24:



Imagen No. 25:

Aplicación de la autovacuna. La vacuna se aplicó en dos dosis, la primera dosis fue de 10 ml y el resto de la vacuna se conservó en refrigeración y se aplicó a los 15 días posteriores a la primera dosis, el mismo tratamiento se les dio a las tres vacas.

Vaca 1 tratamiento con autovacuna: Se observó que la vaca uno respondió positivamente a la autovacuna ya que pudimos ver una disminución de los papilomas en la zona de la cara del animal y en otras zonas del cuerpo.

Vaca 4 tratamiento con autovacuna: No se observó disminución en el número de papilomas, pero si se apreció una maduración en los papilomas.



Imagen No. 30: ***Inicio del tratamiento – Vaca No. 4***



Imagen No. 31: ***Inicio del tratamiento – Vaca No. 4***



Imagen No. 32: ***Al mes de tratamiento – Vaca No. 4***



Imagen No. 33: ***Al mes de tratamiento – Vaca No. 4***

Vaca 5 tratamiento con autovacuna, se observó una ligera disminución en los papilomas de la región de la tabla del cuello, pero en otras regiones se observó que aparecieron más papilomas y otros aumentaron de tamaño.



Imagen No. 34: ***Inicio del tratamiento – Vaca No. 5***



Imagen No. 35: ***Inicio del tratamiento – Vaca No. 5***



Imagen No. 36: ***Inicio del tratamiento***



Imagen No. 36: ***inicio del tratamiento***



Imagen No. 37: ***al mes del tratamiento, vaca 5***



Imagen No. 38: ***al mes del tratamiento, vaca 5***

Vaca 2 tratada con hemoterapia: no se observaron cambios tan notables por el contrario se observó un rebrote, aunque algunos papilomas disminuyeron un poco su tamaño.



Imagen No. 39:



Imagen No. 40:



Imagen No. 41:



Imagen No. 42:



Imagen No. 43:



Imagen No. 44:

Vaca número tres tratada con hemoterapia: se observó una ligera disminución en el tamaño de los papilomas y se observaron más deshidratados, lo que indica que posteriormente se podrían caer.



Imagen No. 46:



Imagen No. 45:

Conclusión

El trabajo que se realizó en el rancho San Andrés ubicado en cuajinicuilapa guerrero, comparamos los dos tratamientos que utilizamos para tratar la enfermedad de papilomatosis que presentaban cinco vacas de este rancho ,en conclusión la comparación de los dos tratamientos utilizados que fue hemoterapia y autovacuna el resultado fue que los dos métodos resultaron con una respuesta favorable a un que un poco lenta, para el caso de las vacas tratadas con autovacuna se observó que hubo una mejor respuesta al tratamiento a un qué no muy significativa. Las vacas tratadas con hemoterapia mostraron menos respuesta favorable al tratamiento. Concluimos que en ambos tratamientos los papilomas mostraron signos de deshidratación y ligera disminución de su tamaño, señal de que estos mismos se van a caer posteriormente, aunque en algunas hubo una ligera

manifestación de más papilomas. Posiblemente tuvimos que darles más tiempo para ver resultados más favorables.

Referencias

Pulido casas O. comparación de tres tratamientos para la papilomatosis bovina Tesis Médico Veterinario Zootecnista. México: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia; 2009.

DETERMINACION DE CALCIO IONIZADO MEDIANTE UN EQUIPO PORTATIL Y SU RELACION CON LA CONCENTRACION SÉRICA DE CALCIO TOTAL en vacas lecheras

Salgado H.E.G*, Castillo M.D.A., Gutiérrez A.M.A., Padilla R.R., Zavala L., Echavez L.E.

Resumen

La hipocalcemia se presenta en las vacas lecheras durante los primeros días posparto. Las vacas que mantienen una baja concentración de calcio por varios días tienen mayor riesgo de presentar diversas patologías que afectan la reproducción y la producción de leche. La medición de la concentración sérica de calcio es una herramienta de diagnóstico importante para monitorear la efectividad de las medidas de prevención y para la toma de decisiones de tratamiento. En los últimos años se han desarrollado dispositivos que permiten medir la concentración de calcio ionizado al pie de la vaca, lo cual facilita este proceso de diagnóstico. El objetivo de este estudio fue estudiar la asociación entre la medición de calcio ionizado mediante un equipo portátil y la medición de calcio total determinado mediante fotocolorimetría en diversos laboratorios de referencia en vacas lecheras. Se tomaron muestras de sangre completa por medio de punción de la vena coccígea en 17 y 20 vacas lecheras Holstein en los primeros días posparto en dos unidades de producción ubicadas en el norte y en el centro de México respectivamente. En cada una de las muestras se determinó la concentración de calcio ionizado por medio de un equipo portátil el cual consta de un electrodo selectivo de iones. Posteriormente en el suero obtenido de cada muestra se determinó la concentración de calcio total por medio de fotocolorimetría en dos laboratorios de la región del centro de México y en el laboratorio de patología clínica de la FMVZ UNAM, adicionalmente en este último también se determinó la concentración de calcio ionizado en un analizador de electrolitos. Debido a la distribución normal de los resultados obtenidos, se realizaron análisis de regresión lineal para determinar el grado de asociación entre la concentración sérica de calcio y la concentración de calcio ionizado en cada una de las regiones. El coeficiente de determinación R^2 fue de 83 y 64 % para cada uno de los laboratorios de la región centro, mientras que la R^2 fue de 80 % para la región norte. Cuando se comparó el calcio ionizado mediante el equipo portátil y el calcio ionizado en el analizador de electrolitos la R^2 fue de 92 %. Estos resultados indican que la medición de calcio ionizado mediante este equipo portátil tiene alta correlación con la medición de calcio total e ionizado en el laboratorio, por lo que el uso de este equipo en condiciones de campo es de utilidad para la medición de calcio ionizado en vacas lecheras.

Introducción

En las vacas lecheras la concentración sérica de calcio disminuye en los primeros días posparto, si esta es menor a 1.5 mmol/L puede presentarse dificultad para llevar a cabo la contracción del músculo esquelético por lo que se presenta la postración o paresia, a esta condición se le denomina también hipocalcemia clínica. Cuando la concentración sérica de Ca se encuentra entre 1.5 y 2.14 mmol/L sin que se observen signos clínicos, se le conoce como hipocalcemia subclínica (Martínez et al 2012). La hipocalcemia subclínica se presenta aproximadamente en el 47 % de las vacas multíparas y 25 % en primíparas en los primeros 3 días posparto incluso en vacas que consumen sales aniónicas como método de prevención de la hipocalcemia (Reinhardt et al., 2011). La disminución en la calcemia se debe a la demanda repentina de calcio para formar parte del calostro y a la dificultad del sistema de regulación de la calcemia para adaptarse rápidamente (Goff, 2008). Si la hipocalcemia persiste por varios días, la motilidad del musculo liso intestinal disminuye junto

* Salgado Hernández Eligio Gabriel Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes FMVZ UNAM, Av Universidad 3000, Col UNAM CU, Alcaldía Coyoacán CP 04510 gabriel.salgado@comunidad.unam.mx Tel 5574002254

con la ingestión de alimento, agravando aún más el déficit de nutrientes y el balance energético negativo, esto también predispone a otros problemas metabólicos como cetosis e hígado graso y digestivos como desplazamiento de abomaso. (Martínez et al., 2012). Aunado a la baja motilidad del musculo liso uterino, la hipocalcemia disminuye el funcionamiento de las células del sistema inmune (Kimura et al., 2006), lo cual aumenta el riesgo de que se presenten diversos problemas inflamatorios en el tracto reproductivo como retención de placenta, metritis, endometritis lo cual repercute en una disminución de la fertilidad (Martínez et al., 2012). Caixeta et al (2017) demostraron que las vacas que permanecen con hipocalcemia subclínica por más de tres días (hipocalcemia subclínica crónica) presentan una menor fertilidad que las vacas que presentan hipocalcemia subclínica solamente dos días o incluso en vacas que no presentan hipocalcemia subclínica posparto. Otro hallazgo interesante de este estudio realizado por Caixeta et al (2017) es que el 32 % de las vacas presentaron hipocalcemia subclínica crónica, 44 % de las vacas presentaron hipocalcemia solo durante los dos primeros días después del parto y el 24 % restante no presentó hipocalcemia subclínica.

Aproximadamente el 30 a 40 % del calcio circulante en sangre se encuentra unido a albumina y otras proteínas, del 9 al 13 % se encuentra unido a bicarbonato, fosfato y ácidos orgánicos, el entre 48 y 55 % se encuentra ionizado o en su forma libre, esta forma es la mas importante ya que es la que ejerce las acciones biológicas. Diversos factores tales como la concentración de albumina, ácidos grasos libres, lactato, fosfatos, bicarbonatos, etc pueden cambiar los porcentajes de calcio previamente mencionados. Sin embargo, el factor que más modifica esta distribución es el pH, de esta manera la disminución del pH sanguíneo o acidemia reduce la unión de calcio a las proteínas y aumenta la concentración de calcio ionizado, por el contrario, el aumento en el pH incrementa la unión del calcio a las proteínas por lo que la concentración de calcio ionizado disminuye (Ott 2021).

La medición de la concentración de calcio total se ha realizado por técnicas de fotocolorimetría o espectrofotometría de absorción atómica, esto requiere de equipos y condiciones de laboratorio a menudo costosas y alejadas de los centros de producción donde se tiene a los animales. El calcio ionizado se puede determinar por medio de la técnica potenciométrica de electrodo selectivo de iones, en los últimos años se han diseñado equipos portátiles que permiten determinar la concentración de calcio ionizado al pie de la vaca, lo cual representa una gran ventaja debido a la rapidez de la obtención de resultados y a la toma de decisiones. La eficacia de estos equipos portátiles se ha comparado con otros métodos de medición de calcio ionizado mediante gasómetros y han mostrado una correlación de 99 %.

El objetivo de este estudio fue estudiar la asociación entre la medición de calcio ionizado mediante un equipo portátil y la medición de calcio total determinado mediante fotocolorimetría en diversos laboratorios de referencia en vacas lecheras.

Material y Métodos

Este estudio se realizó en dos establos lecheros ubicados en la región norte y centro de México. Se tomaron muestras de sangre a 17 y 20 vacas Holstein en los primeros 3 días posparto respectivamente en cada unidad de producción. Las muestras fueron obtenidas por medio de punción de la vena coccígea en tubos al vacío sin anticoagulante, inmediatamente después de la obtención de la muestra se depositaron aproximadamente 5 gotas de sangre en el equipo portátil de medición de calcio ionizado y se registraron los resultados. Previo a la medición, el equipo portátil se calibró con 2 soluciones que contienen una concentración de calcio de 1.5 y 2.5 mmol/L. las muestras de sangre fueron almacenadas en refrigeración hasta la retracción del coagulo y separación del suero, posteriormente, este fue enviado al laboratorio para la medición de calcio sérico total por medio de la técnica de fotocolorimetría. Las muestras obtenidas en el establo de la región centro fueron enviadas a dos laboratorios de la misma región. Las muestras obtenidas en el establo de la región norte fueron analizadas en el Laboratorio de Patología Clínica de la FMVZ UNAM, en donde también se determinó la concentración de calcio ionizado en un analizador de electrolitos.

Los resultados obtenidos fueron registrados en una base de datos en el programa Excel ® para Windows versión 2016.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en cada unidad de producción fueron analizados por separado. En ambos casos se realizó un análisis de distribución normal por medio de la prueba de Shapiro Wilk, el cual fue positivo ($p > 0.05$), debido a este resultado, posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal simple para determinar el grado de asociación entre las concentraciones de calcio ionizado y de calcio sérico total.

El análisis estadístico y los gráficos fueron elaborados por medio del programa Excel ® para Windows versión 2016.

Resultados

El grado de asociación entre la medición de calcio ionizado y calcio sérico total fue alto. En las muestras obtenidas y analizadas en el establo de San Juan de los Lagos, el coeficiente de determinación R^2 fue de 83 y 64 % para cada laboratorio de referencia, mientras que en las muestras obtenidas en el establo de Cd. Delicias y analizadas en el laboratorio de Patología clínica de la FMVZ UNAM la R^2 fue de 0.8. En el grafico 1 y 2 se muestran los datos y las ecuaciones de predicción respectivas. La asociación entre los dos métodos de medición de calcio ionizado también fue alta. En este caso la R^2 fue de 92 %, los resultados se muestran en la figura 3.

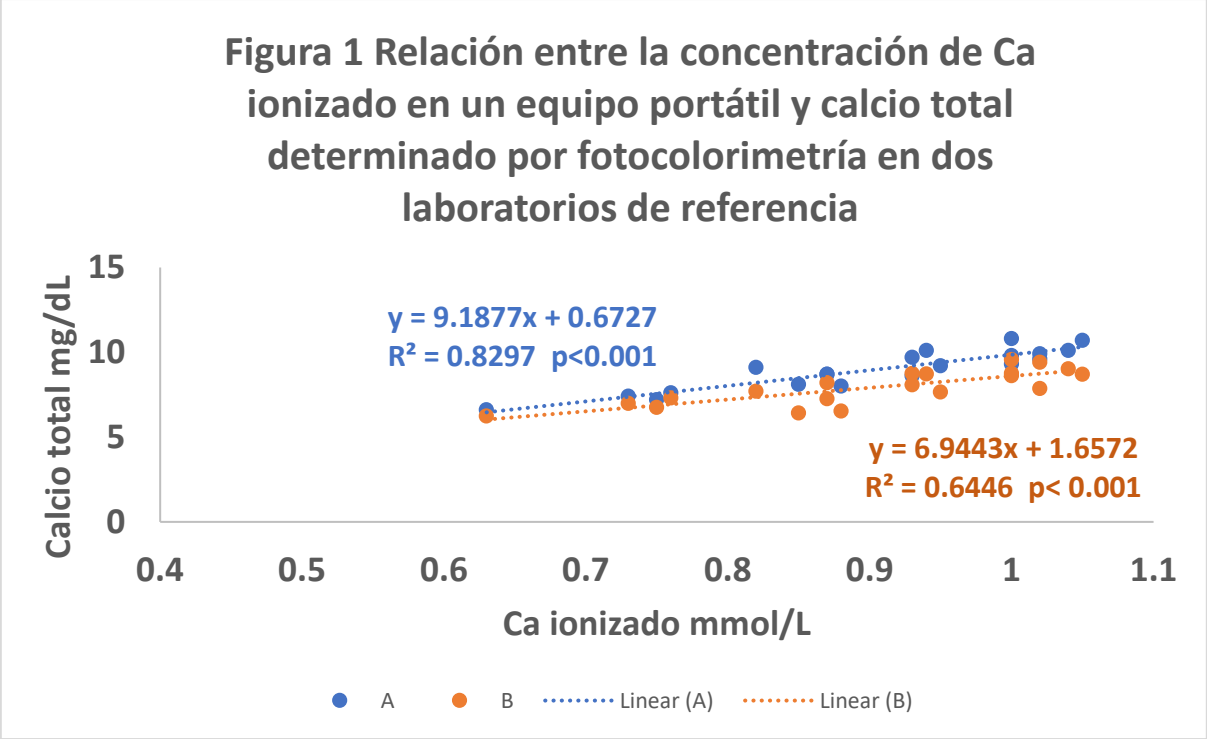


Figura 2 Relación entre la concentración de Ca ionizado determinado en un medidor portátil y Ca total por fotocolorimetría en la FMVZ UNAM

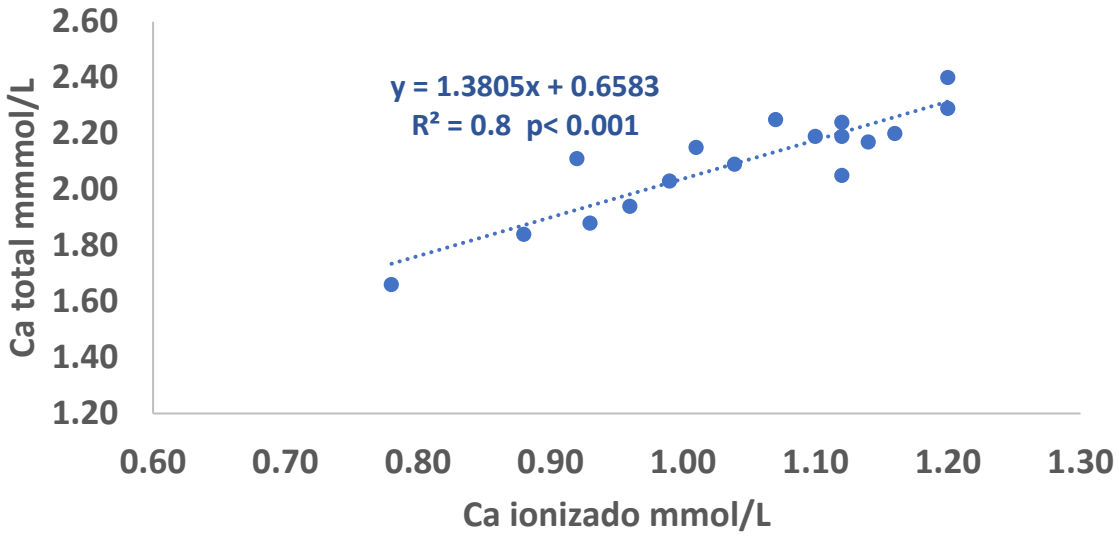
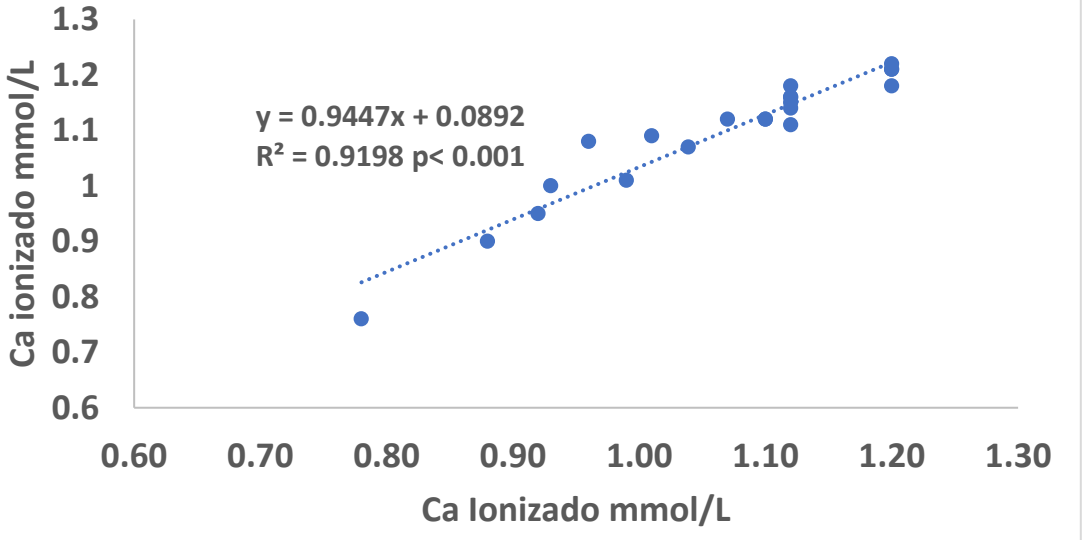


Figura 3 Relación entre la concentración de Ca ionizado determinados en un medidor portátil y en un analizador de electrolitos en la FMVZ UNAM



Discusión y conclusiones

El calcio ionizado representa la fracción más importante debido a que es esta la que ejerce la actividad biológica, esta fracción representa entre el 48 al 55 % del calcio total, este porcentaje depende de varios factores como el pH, la concentración de albúmina, fosfatos, bicarbonato principalmente. En este estudio los valores encontrados fueron entre 48 y 54 %, lo cual coincide con los reportes en la literatura. La concentración de calcio ionizado y su asociación con el calcio total fue alta y positiva en ambas unidades de producción. Este resultado es similar a lo obtenido por Hisaeda et al 2020 quienes encontraron una correlación de 89 % entre la concentración de calcio ionizado y el calcio total en vacas clínicamente sanas. En dicho estudio también determinaron el calcio ionizado mediante un equipo de la misma marca que el utilizado en el presente trabajo. Ott et al en el 2021 también midieron el calcio ionizado con un analizador de gases y lo compararon con el calcio total, ellos reportan una R^2 del 83 %, lo cual también coincide con los resultados de nuestro trabajo. En nuestro estudio no se realizó la medición de la concentración de albumina, pH y otros elementos, lo cual podría usarse en una ecuación de regresión múltiple para poder predecir de mejor manera la concentración de calcio total. En humanos y en perros existen ecuaciones en las cuales se considera la concentración de albúmina para poder corregir la medición del calcio total.

Esta corrección es útil cuando no se cuenta con la medición de calcio ionizado, sin embargo, sí se cuenta con esta medición es mas conveniente tomar en cuenta esta para relacionarla con los aspectos clínicos y subclínicos en lugar de la concentración total de calcio.

Cuando se comparó la medición de calcio ionizado mediante el equipo portátil y el calcio ionizado en condiciones de laboratorio en un analizador de electrolitos, la R2 fue más alta (92 %), esto es debido a que en ambos casos se está midiendo el calcio ionizado, algunos factores que podrían afectar esta medición son propiamente los equipos y las diferentes condiciones de almacenamiento de las muestras, sin embargo la concentración de Calcio ionizado entre ambos métodos no fue diferente, lo cual indica que el equipo portátil es eficaz para la medición de calcio ionizado. Susuki et al 2021 analizaron la concentración de calcio ionizado determinado mediante un analizador de gases de laboratorio y un analizador de gases portátil, y lo compararon con calcio ionizado obtenido mediante un equipo portátil de la misma marca que el utilizado en el presente estudio, en ambos casos obtuvieron una alta correlación lo cual indica que el equipo puede ser utilizado para la medición de calcio ionizado en condiciones de campo.

Para definir la hipocalcemia subclínica en vacas lecheras la concentración de calcio total se ha establecido en <2 y <2.14 mmol/L según Goff (2008) y Martínez et al (2012) respectivamente. Cuando se considera la concentración de calcio ionizado para definir hipocalcemia subclínica se usan los valores de 1 y 1.17 mmol/L, según el tipo de equipo utilizado (Yilmaz y Karapinar, 2019). Otros factores de manejo, nutrición, ambiente etc también podrían influir en la determinación de este punto de corte por lo que se recomienda establecerlo de manera particular en cada región.

En conclusión, la medición de calcio ionizado mediante el equipo portátil presenta una alta correlación con la medición de calcio total y ionizado determinados en condiciones de laboratorio, por lo tanto, el uso de este equipo en condiciones de campo es de utilidad para la medición de calcio ionizado en vacas lecheras.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración y el apoyo al personal de las empresas Nutrilag SA de CV, Horiba, DSM México y Ganadería Lujan SA de CV y al Rancho San José del Potrero, sin su participación este trabajo no hubiera sido posible.

Literatura citada

Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam DV. 2017 Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. Theriogenology. May; 94:1-7.

Goff JP. 2008. The monitoring, prevention and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Vet. J. 171:50-57.

Hisaeda K, Koshiishi T, Sasaki A, Shinozuka Y, Isobe N, Kawai K. Changes in ionized calcium concentration in the blood of dairy cows with peracute coliform mastitis. J Vet Med Sci. 2020 Apr 9;82(4):457-462. doi: 10.1292/jvms.19-0678. Epub 2020 Feb 26. PMID: 32101824; PMCID: PMC7192725.

Kimura K, Reinhardt TA, Goff JP. 2006. Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. *J Dairy Sci*, 89 (7), 2588-2595.

Martinez N, Risco CA, Lima FS, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, Maunsell F, Galvao K, Santos JEP. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *Journal of Dairy Science*, 95 (12), 7158-7172.

Ott D, Schrapers KT, Aschenbach JR. Changes in the Relationship between Ionized and Total Calcium in Clinically Healthy Dairy Cows in the Period around Calving. *Animals*. 2021; 11(4):1036. https://doi.org/10.3390/ani11041036

Salgado-Hernández E.G., Velásquez-Forero F.H., Villa-Godoy A., Romano-Muñoz J.L. Gutierrez-Chavez J.A., Bouda J. 2014 Metabolites of vitamin D and minerals in blood and colostrum of primiparous and multiparous dairy cows with subclinical hypocalcemia. Czech Journal of Animal Science, 59:11-18

Reinhardt TA, Lippolis JD, McCluskey BJ, Goff JP, Horst RL. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. Vet J. 2011 Apr;188(1):122-4. doi: 10.1016/j.tvjl.2010.03.025. PMID: 20434377.

Salgado-Hernández EG, J Bouda, GJ Ávila, HJA Navarro. 2009. Efecto de sales de calcio y precursores de glucosa sobre calcio sérico y cuerpos cetónicos en vacas lecheras posparto. Vet. Mex. 40: 29-38.

Suzuki K, Kondo N, Takagi K, Nishikawa A, Murakami Y, Otsuka M, Tsukano K, Ikeda K, Funakura H, Yasutomi I, Kawamoto S. Validation of the bovine blood calcium checker as a rapid and simple measuring tool for the ionized calcium concentration in cattle. J Vet Med Sci. 2021 May 9;83(5):767-774. doi: 10.1292/jvms.21-0001. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33775988; PMCID: PMC8182322.

Yilmaz O, Karapinar T 2019 Evaluation of the i-STAT analyzer for determination of ionized calcium concentrations in bovine blood. Veterinary Clinical Pathology, 48, pp. 31-35

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIPO DE MUESTRA SOBRE LA MEDICIÓN DE CALCIO IONIZADO EN SANGRE DE VACAS LECHERAS POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ELECTRODO ION SELECTIVO EN UN EQUIPO PORTATIL

Salgado H.E.G.* Echavez E. Francois S

Resumen

La hipocalcemia en las vacas lecheras es un problema que se presenta en sus formas clínica y subclínica en los primeros días posparto, esto aumenta el riesgo de presentación de otras enfermedades y disminución de la producción láctea y de la fertilidad. La medición de la concentración de calcio en la sangre es vital para determinar la efectividad de los programas de prevención o para realizar un correcto diagnóstico y mejorar la toma de decisiones de tratamiento. Recientemente se han diseñado instrumentos portátiles de medición de la concentración de calcio en sangre en su forma ionizada, sin embargo, existen dudas sobre el tipo de muestra y la temperatura a la cual se debe realizar la medición. El objetivo de este estudio fue comparar la concentración de calcio ionizado determinada mediante un analizador portátil con un electrodo ion selectivo en muestras de sangre completa sin anticoagulante y en sangre heparinizada a diferentes temperaturas. Se utilizaron 34 vacas en las primeras horas posparto a las cuales se les tomó una muestra de sangre por medio de punción de la vena coccígea en tubos de vacío sin anticoagulante y con heparina de litio, las muestras fueron analizadas en los primeros 5 a 10 segundos después de su obtención, las muestras con heparina de litio fueron analizadas posteriormente entre 2 a 4 horas a una temperatura promedio de 23 °C en el analizador portátil. Los resultados obtenidos fueron comparados mediante un análisis de varianzas de un factor, no se encontró diferencia estadística entre los tipos de muestra (P> 0.05). En conclusión, el tipo de anticoagulante y la temperatura a la cual se midió el calcio ionizado no fue diferente, por lo que se concluye que realizar la medición inmediata en muestras de sangre completa es factible, lo cual representa ventajas desde el punto de vista práctico y económico.

Introducción

En las vacas lecheras, el parto y el inicio de la lactación representan un momento de gran desafío fisiológico debido a que se requiere de una gran cantidad de nutrientes para sintetizar calostro y posteriormente leche, uno de estos nutrientes es el calcio (Ca) Goff 2008). De esta manera, la concentración sérica de Ca en los primeros días después del parto disminuye en la mayoría de las vacas. Cuando la concentración de Ca es menor a 1.5 mmol/L (6 mg/dL) las vacas pueden presentar signos clínicos como postración y parálisis, a esta entidad se le conoce como hipocalcemia clínica (Goff, 2008). Cuando la concentración sérica de Ca se encuentra entre 1.5 y 2.0 mmol/L (6 y 8 mg/dL) las vacas no presentan signos clínicos, sin embargo presentan alteraciones fisiológicas diversas tales como disminución de la capacidad del sistema inmune (Kimura 2006), disminución de la motilidad del musculo liso intestinal, abomasal y uterino; así como disminución en la secreción de hormonas, etc, lo cual en su conjunto predispone a otros problemas del posparto tales como metritis, endometritis, disminución de la ingestión de alimento, desplazamiento de abomaso, cetosis, etc, lo cual repercutirá de manera negativa sobre la producción láctea y la reproducción (Martínez et al 2012, Caixeta et al 2017). El Ca se encuentra en los huesos y otros tejidos y en la circulación sanguínea, en esta, el Ca se encuentra unido a albuminas, fosfatos, y otros elementos y aproximadamente el 50 % se encuentra libre o ionizado, ésta forma es la más importante ya que es el calcio que está disponible para realizar las múltiples funciones fisiológicas (Goff 2008). El calcio se puede determinar por medio de diferentes técnicas de laboratorio tales como la fotocolorimetría,

* Salgado Hernández Eligio Gabriel Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes FMVZ UNAM, Av. Universidad 3000, Col UNAM CU, Alcaldía Coyoacán CP 04510 gabriel.salgado@comunidad.unam.mx Tel 5574002254

espectrofotometría de absorción atómica, estas técnicas miden el calcio total, es decir tanto el calcio unido a proteínas como el calcio ionizado, otras técnicas como el electrodo selectivo de iones determina la concentración de calcio ionizado exclusivamente. Recientemente se han desarrollado equipos portátiles de medición de calcio ionizado en sangre, los cuales facilitan la toma de decisiones médicas basadas en la rápida obtención e interpretación de los datos (Neves *et al*., 2018). Para realizar estas mediciones las muestras de sangre se han tomado en tubos con heparina de litio, lo cual permite guardar las muestras y medir la concentración más tarde si así se desea, sin embargo, la temperatura a la cual se realiza la medición podría afectar el resultado. Neves *et al*; 2018). En México, el costo y la poca disponibilidad de tubos con heparina dificulta esta tarea, por lo que es necesario investigar la factibilidad de realizar la medición de calcio ionizado en sangre sin anticoagulante.

El objetivo de este estudio fue comparar la concentración de calcio ionizado en muestras de sangre sin anticoagulante y en muestras de sangre preservadas con heparina de litio adicionalmente el segundo objetivo fue comparar la concentración de calcio ionizado a diferentes temperaturas en muestras heparinizadas.

Material y métodos

Este estudio se realizó en un establo lechero en Cd. Delicias Chih. Se utilizaron 34 vacas Holstein en las primeras horas posparto, por punción de la vena coccígea se tomaron muestras de sangre en tubos con vacío sin anticoagulante y con heparina de litio, en los primeros 5 a 10 segundos después de la obtención de la muestra, se colocaron aproximadamente 5 gotas de sangre en el equipo portátil de medición y se obtuvo el resultado inmediatamente. Previo a la medición el equipo se calibró con los estándares a 1.25 y 2.5 mmol/L, esta calibración se repitió cada 5 determinaciones. La muestra de sangre con heparina se almacenó y entre 2 a 4 horas después a una temperatura ambiente de aproximadamente 24 °C se determinó nuevamente la concentración de calcio ionizado mediante el mismo equipo portátil.

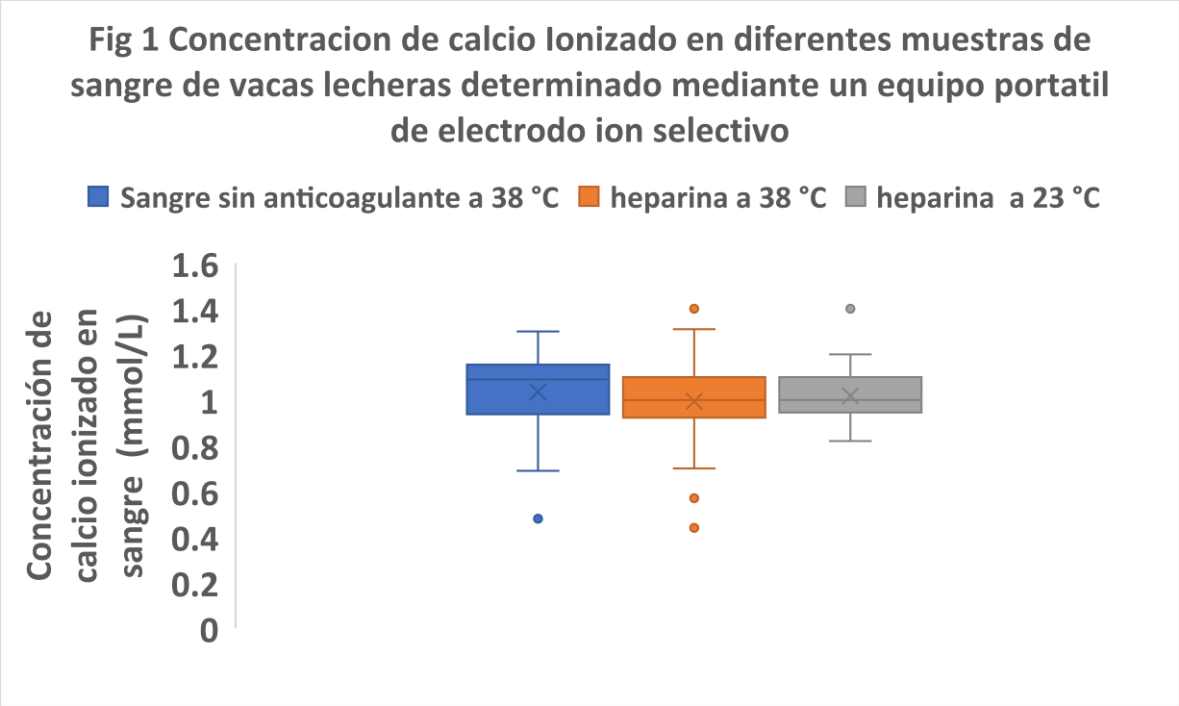
Los resultados fueron registrados en una base de datos en el programa Excel para Windows® versión 2016.

Análisis estadístico

Para determinar si el tipo de anticoagulante y la temperatura a la que se realiza la medición afecta los resultados, se realizó un análisis de varianza de un factor, en el cual el tipo de muestra fue la variable dependiente y la concentración de calcio ionizado se consideró como la variable independiente. Previo a este análisis se determinó la normalidad en la distribución de las muestras mediante la prueba de Kolmorogov y Smirnoff. El análisis fue realizado en el programa estadístico JMP ® para Windows V 15.0. El análisis grafico en Excel para Windows ® versión 2016. Se considero un valor de $p<$ a 0.05 para determinar si existe diferencia estadística significativa.

Resultados

La concentración de calcio ionizado fue de 1.03 ± 0.18, 0.99 ± 0.02 y 1.01 ± 0.11 mmol/ L para las muestras de sangre sin anticoagulante, sangre con heparina a 38 °C y sangre con heparina a 23 ° C respectivamente. (Figura 1). No se encontró diferencia estadística significativa entre los datos.



Discusión

El tipo de anticoagulante y la temperatura a la cual se realizó la medición de la concentración de calcio no afectó los resultados. Esto coincide con un estudio realizado por Neves *et al* en el 2018 en el cual midieron la concentración de calcio ionizado en un equipo de la misma marca que el utilizado en este estudio y lo compararon con el calcio ionizado medido en un analizador de gases en un laboratorio de análisis clínicos. Sin embargo, en su estudio ellos midieron la concentración de calcio ionizado en sangre sin anticoagulante y el calcio ionizado de referencia fue determinado en sangre con heparina. En el presente trabajo determinamos la concentración de calcio ionizado en sangre con heparina recién obtenida del animal y se comparó con la misma sangre, en el mismo tipo de anticoagulante pero a diferente temperatura, el resultado de este trabajo es que la temperatura no cambió los resultados de la medición obtenida.

Por otro lado, las concentraciones de calcio ionizado encontradas en este estudio van de 0.4 a 1.4 mmol/L, y son muy similares a otros datos reportados. En el estudio de Neves et al 2018 encontró que la concentración fue de 0.6 a 1.8 mmol/L, Yilmaz et al 2019 encontró valores de entre 0.6 a 1.6 mmol/L utilizando un analizador de gases portátil que cuenta con un electrodo selectivo para medición de calcio ionizado. Estos resultados están influidos por diferentes factores como el tiempo posparto, la edad y condición fisiológica de las vacas, la nutrición, factores ambientales etc, por lo que no posible comparar los datos estadísticamente.

El punto de corte para determinar la concentración óptima de calcio total al parto se ha determinado en 2 mmol/L y 2.14 mmol/L, de esta manera, si el calcio ionizado es de aproximadamente el 50 % con respecto al calcio total el punto de corte para definir hipocalcemia subclínica es de 1 mmol/ de calcio ionizado, sin embargo, es importante también considerar la variación que existe entre la medición de calcio ionizado entre los diferentes dispositivos y la interpretación de resultados así como otros factores que modifican la concentración de calcio ionizado como el uso de sales aniónicas, por lo que estos factores podrían modificar el punto de corte de la concentración de calcio ionizado para definir de mejor manera la hipocalcemia subclínica a partir de esta medición.

En conclusión, el tipo de anticoagulante y la temperatura a la que se midió el calcio ionizado no fue diferente, por lo que realizar la medición inmediata en muestras de sangre completa es factible, lo cual representa ventajas desde el punto de vista práctico y económico.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por personal de las empresas Horiba Instruments Inc, Nutrilag SA de CV y personal de Ganadería Lujan SA de CV. A quienes se agradece el apoyo y la colaboración.

Bibliografía

Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam DV. 2017 Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. Theriogenology. May; 94:1-7.

Goff JP. 2008. The monitoring, prevention and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Vet. J. 171:50-57.

Kimura K, Reinhardt TA, Goff JP. 2006. Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. J Dairy Sci, 89 (7), 2588-2595.

Martinez N, Risco CA, Lima FS, Bisinotto RS, Greco LF, Ribeiro ES, Maunsell F, Galvao K, Santos JEP. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. Journal of Dairy Science, 95 (12), 7158-7172.

Neves RC, Stokol T, Bach KD, McArt J. 2018 Method comparison and validation of a prototype device for measurement of ionized calcium concentrations cow-side against a point-of-care instrument and a benchtop blood gas analyzer reference method. J Dairy Sci.101:1334-1343.

Yilmaz O, Karapinar T. 2019 Evaluation of the i-STAT analyzer for determination of ionized calcium concentrations in bovine blood. Vet Clin Pathol. Mar;48(1):31-35.

CONCENTRACIÓN DE INMUNOGLOBULINA G EN BECERRAS DURANTE LAS PRIMERAS 24 HORAS DE NACIDAS

*Pliego M. G. G.[1], Jiménez J. R. A.[1], Miguel E. M.

Resumen

Se realizó la evaluación de la concentración de inmunoglobulina G en becerras recién nacidas, comparando la cantidad y calidad del calostro ofrecido con la concentración de IgG en el suero sanguíneo de las becerras a las 12 y 24 horas por medio de espectrofotometría. Se realizó una comparación de medias por medio de la prueba T de Student donde se encontró una diferencia significativa en la concentración de Inmunoglobulina G siendo mayor la concentración del segundo muestreo. Se concluye que es de suma importancia proporciona calostro de buena calidad a las becerras recién nacidas durante las primeras 24 horas para que la concentración de Igs en sangre aumente paulatinamente y alcance una concentración que permita tener suficiente inmunidad.

Introducción

En las unidades de producción de leche, la crianza de becerras es un apartado tan importante como la misma producción de leche en sí, ya que de la primera depende el futuro del establo por ser los animales que sustituirán a las vacas de desecho. La crianza de becerras desde el nacimiento hasta su primer parto es una de las etapas más importantes en la productividad del establo, un mal manejo durante esta etapa dará como resultado un pésimo animal productor y según el manejo al que se someta los primeros días, dependerá que se obtenga un animal de crecimiento rápido, sano y menos tiempo produciendo, además, el periodo inmediato después del parto y los primeros días de vida son momentos críticos para las becerras, así, la atención a los detalles durante este tiempo puede reducir las perdidas por muerte e incidencia de enfermedades, siendo las principales las diarreas y neumonías. Sin embargo, a pesar de los conocimientos actuales, los parámetros de mortalidad y la morbilidad en becerras se mantienen altos, ocasionando importantes pérdidas económicas. En la industria lechera mexicana, se aprecia un deficiente sistema de crianza caracterizada por alta mortalidad en becerras, por lo que se requiere un mayor conocimiento y manejo durante la crianza. (Rodríguez, 2006)

Dentro del sistema de defensa inmune de los animales recién nacidos, un factor importante es la inmunidad pasiva de la madre al feto o al animal acabado de nacer, esta transmisión se da por medio de la transferencia de anticuerpos (Acs), como las inmunoglobulinas (Igs). En ese sentido, la placenta delos fetos bovinos es cotiledonaria, en la que las vellosidades coriales se agrupan en rosetas llamadas cotiledones que se adhieren con las carúnculas maternas endometriales del útero formando placentomas. Histológicamente poseen una placenta epiteliocorial, en la cual, el corion está en contacto con el tejido epitelio materno (Roa *et al*, 2012), esto constituye una barrera inmunológica que no permite el paso de macromoléculas como son las Igs, por esta razón el sistema inmune de la becerra recién nacida es inmaduro e incapaz de producir suficientes Igs; al nacer, se hallará desprotegida ante los microorganismos patógenos del medio extrauterino, consecuentemente, su supervivencia y salud tras el nacimiento dependerán totalmente de la transferencia pasiva de inmunoglobulinas maternas por medio del calostro (Plaza *et al*, 2009).

El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria después del parto (Córtese, 2009), este es formado por la acumulación de secreciones en la glándula durante las últimas semanas de gestación, junto con proteínas transferidas por el torrente sanguíneo bajo la influencia de estrógenos y progesterona (Tizard, 2018) dentro de las cuales se encuentran las Igs. En el calostro existen tres tipos de inmunoglobulinas que proveerán al ternero inmunidad pasiva: IgG, IgM e IgA, de la primera existen dos tipos: IgG1 e IgG2. La Ig predominante en el calostro bovino es la IgG (70 - 80%) del total a diferencia de la IgM e IgA (10 - 15% respectivamente) (Fortín y Perdomo, 2009). La IgG al ser de menor tamaño puede atravesar la pared de los vasos sanguíneos y participar en la defensa

* *Guadalupe Geraldine Pliego Moreno. Rubén Darío, Manzana 1, Lote 6, Colonia Pedro Ojeda Paullada, Ecatepec, Estado de México, CP 55295. geraldinne_pm@hotmail.com, 4493128350.

de tejidos y superficies tisulares mediante su unión a la superficie bacteriana causando aglutinación y opsonización (Tizard, 2018). Además, una de sus principales funciones es la activación del sistema de complemento por medio de la vía clásica (Rojas, 2015). Dentro de las funciones del complemento se encuentra la defensa contra patógenos por medio de la opsonización, liberación de péptidos quimiotácticos que atraen polimorfonuleares, activación de la fagocitosis, amplificación de la inflamación, lisis de células o bacterias por daño a la membrana; amplificación de la respuesta humoral, sobre todo de los linfocitos B frente a algún antígeno, favorecer el transporte e inactivación de complejos inmunes y la eliminación de cuerpos apoptóticos. La mayor parte de los Acs producidos contra bacterias gram positivas, virus y toxinas, corresponden a IgG (Rojas, 2015). Las IgG son producidas por células plasmáticas del bazo, linfonodos y médula ósea, que posteriormente llegará a la glándula mamaria procedente de la sangre y de ahí, serán aprovechadas por las becerras al consumir el calostro.

En ese sentido, los neonatos bovinos poseen un tracto digestivo adaptado para adquirir la protección inmunológica necesaria a través del calostro. En animales recién nacidos, si sistema digestivo es diferente con respecto a los animales adultos, siendo que en los becerros sufre algunos cambios para absorber de manera eficiente las Igs, como es la presencia del surco reticular (gotera esofágica) que al estar presente asegura que el calostro pase directamente al abomaso; la secreción ácida del estómago se retrasa durante varios días después del nacimiento, el retraso de la función pancreática, lo que evitará la digestión de las proteínas por medio de los ácidos y las tripsinas, para evitar a degradación de las Igs y el epitelio intestinal especializado capaz de englobar a las proteínas que se encuentran en la luz intestinal (Tizard, 2018).
Además de lo anterior, el enterocito del neonato posee la capacidad de absorción no selectiva de las macromoléculas, tales como las Igs. A partir de ahí, las Igs se transportan a través de la célula y se liberan en el sistema linfático para posteriormente llegar al sistema circulatorio por medio del conducto torácico.

La eficiencia de absorción de Igs en los bovinos recién nacidos disminuye rápidamente con el tiempo. A las 6 horas posnacimiento solo queda el 50% de la capacidad, a las 8 horas el 33% y a las 24 horas cesa por completo, a este proceso se le conoce como “cierre intestinal”. (Córtese, 2009 y Tizard, 2018). Por este motivo es de vital importancia proveer al becerro de calostro durante las primeras horas de vida para asegurar su protección por medio de la inmunidad pasiva.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar la concentración de Inmunoglobulina G a las 12 y 24 horas después de la primera y segunda toma de calostro en becerras recién nacidas, esperando determinar mayor concentración de IgG después de la segunda toma de calostro en relación con la primera toma.

Material y métodos

El estudio se realizó en el Establo Matanuzka en Luis Moya, Zacatecas, México, durante octubre de 2019. Se utilizaron 17 becerras raza Holstein recién nacidas con un peso promedio de 34.1 kg (±3.8 kg) al nacimiento.
Antes de transcurrir dos horas posterior a su nacimiento cada una de las becerras recibió 3 litros de calostro mayor a 23 grados Brix, el cual fue previamente pasteurizado y calentado a 38°C, misma cantidad y características con el que fue proporcionado 12 horas después. Minutos más tarde del consumo de calostro se tomó una muestra de sangre de la vena yugular de cada becerra en tubos vacutainer amarillos, posteriormente a las 24 horas se repitió el procedimiento. La sangre obtenida se dejó coagular y se centrifugó a 1500 RPM por 5 minutos y el suero se transfirió a viales Eppendorf de 1.5 ml. Posteriormente se determinó la concentración de inmunoglobulina G en el suero sanguíneo por medio de espectrofotometría.
Para determinar si existió diferencia estadística entre ambos momentos de muestreo, a los datos se les realizó un análisis de varianza y una comparación de medias por medio dela prueba T de Student para datos pareados (alfa de 0.05) por medio del programa Excel (Windows 10).

Resultados

En la primera medición de la concentración de IgG en el suero bovino se determinó un promedio de 17.51 mg/ml, mientras que 12 horas después ésta concentración aumentó a 21.73 mg/ml (Tabla 1), concentraciones que fueron diferentes estadísticamente (P=0.0036).

Tabla 1. Concentración de IgG en suero sanguíneo de becerras Holstein a 12 y 24 horas después del consumo de calostro (mg/kg)

Becerra	Peso al nacimiento (kg)	Primera 12 horas	Segunda 24 horas
1	36.0	26.18	32.50
2	34.5	21.86	33.74
3	37.0	13.37	17.07
4	36.0	19.25	22.92
5	35.5	17.45	23.75
6	28.0	18.41	31.19
7	38.0	16.25	17.37
8	36.5	23.70	29.46
9	35.5	18.12	19.93
10	35.0	12.16	19.40
11	34.0	19.45	20.02
12	33.0	13.66	17.61
13	34.5	11.69	16.75
14	33.0	17.16	19.60
15	38.0	14.77	21.04
16	32.0	15.54	19.20
17	22.5	18.72	7.86
Promedio	**34.10**	**17.51**	**21.73**
Desviación estándar	**3.84**	**3.95**	**6.67**

Discusión y conclusiones

Los análisis mostraron que existe diferencia estadística significativa (P=0.0036) entre la media del primer muestreo y la del segundo en relación con la concentración de IgG en suero sanguíneo de becerras recién nacidas. Resultados similares fueron observados por Tello-Zedeño (2015) en becerros alimentados con calostro de diferentes calidades, donde se encontró que la concentración de proteínas séricas (g/dL), medidas por refractometría, a las 48 horas posnacimiento era ligeramente mayor que a las 24 horas; mientras que a las 0 horas de nacidas, encontraron que la concentración de proteínas plasmáticas, en promedio, fue de 4.22 g/dL, lo cual no es suficiente para proveer a las becerras de una inmunidad apropiada. De acuerdo a esto, la calidad del calostro consumido por becerros bovinos la calidad del calostro consumido por becerros bovinos no influye sobre el aumento de la concentración de las IgG en sangre después de la segunda toma; además,

indica que la permeabilidad de la membrana intestinal para moléculas grandes aun permanece después de las 12 horas.

Por el contrario, como se puede observar en la Tabla 1, el peso al nacimiento puede ser un factor que influya sobre la absorción y concentración sérica de IgG con el paso del tiempo (becerra 17, a de menor peso al nacimiento), lo que tiene que ser confirmado con posteriores estudios siendo que, en el actual solo esa observación es la única donde la concentración disminuye en el segundo muestreo.

Una deficiencia metodológica que se encontró en este estudio, es la falta de muestras sanguíneas control extraídas inmediatamente después del nacimiento de as becerras, sin haber consumido calostro para observar la concentración basal de inmunoglobulinas presentes en el suero. Se sugiere continuar con una línea de investigación en la cual se observen todas las variables que pudieran influir sobre la concentración de inmunoglobulinas en la sangre de las becerras.

En conclusión, es de suma importancia proporcionar al menos 3 litros de calostro de buena calidad a las becerras recién nacidas durante las primeras 24 horas de vida para que la concentración de Igs en sangre aumente paulatinamente y alcance una concentración que permita tener suficiente inmunidad.

Además es necesario tener un buen manejo del calostro y en general del proceso del calostrado de la becerra, ya que es un paso esencial tanto para prevenir las pérdidas económicas por morbilidad y mortalidad durante los primeros meses de vida del animal como para el futuro del la producción.

Referencias

1. Cortese, V. Neonatal Immunology en *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2009;25(1), pp.221-22

2. Fortín, A. y Perdomo, J. *Determinación de la calidad del calostro bovino a partir de la densidad y de la concentración de IgG y del número de partos de la vaca y su efecto en el desarrollo de los terneros hasta los 30 días de edad* (tesis de licenciatura). Honduras: Universidad Zamorano, 2009.

3. Plaza, J., Martínez, Y. y Ibalmea, R. Respuesta del uso eficiente del calostro en los terneros de una lechería. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2009. Tomo 43, pp. 15-18.

4. Roa, I., Smok S, C. y Prieto G, R. Placenta: Anatomía e Histología Comparada. *International Journal of Morphology*, 2012. 30(4), pp.1490-1496.

5. Rodríguez, R. Manual sobre aspectos de crianza de becerros. Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, 2006.

6. Rojas, W. *Inmunología de Rojas*. 17va ed. Medellín, Colombia: CIB editorial, 2015.

7. Tello, C., Zedeño, C. Relación de la densidad del calostro y la refractometría del suero sanguíneo en el desarrollo de terneros hasta los 60días de nacidos. EscuelaAgrícola Panamericana. Honduras, 2015.

8. Tizard, I. *Veterinary immunology*. 9na ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2018.

EFICACIA DE NASYM VS. VACUNA IBR + PI3 EN LA PREVENCIÓN DEL CRB EN PRODUCCIÓN INTENSIVA EN CORRAL

Viveros, Marcela 1; Melendrez, Jorge 2; López, Jonatan 2; Rodríguez, José 3; Gómez, Eugenio 3; Solé, Marina 4; Giralt, Dolors 4
1. MVZ; 2. Ing. en Computación,3. HIPRA, México; 4. HIPRA, España.

Introducción

El Complejo Respiratorio Bovino (CRB) representa el problema más relevante en la industria del ganado en corral de engorda (feedlot) (Loneragan et al., 2001; Thompson et al., 2006) con un gran impacto económico en las explotaciones. Sólo en USA, se ha cifrado en más de un billón de dólares el costo anual de las pérdidas relacionadas por neumonías en ganado de carne (Griffin, 1997).
La vacunación de los terneros antes del momento de aparición del CRB, junto con otras medidas preventivas de manejo, pueden ayudar a la disminución de la enfermedad y su impacto (Chase, et al. 2022).

Impacto del CRB

El gran impacto económico de CRB es derivado no sólo de sus efectos a corto plazo: tratamientos, mano de obra, menor ingesta y/o mortalidad; sino también a largo plazo: menor peso, peor calificación de la canal y mayor tiempo de engorde de los terneros.
En un estudio llevado a cabo con más de 2.000 terneros (Thompson et al., 2006), entre el 55% y el 67% de los animales mostraban lesiones pulmonares en matadero a pesar de haber sido tratados contra neumonías. En animales que sufren CRB durante el primer mes en cebo, la ganancia media diaria se redujo en 370g/día (Schneider et al., 2009) durante ese periodo. Aunque puede existir después un crecimiento compensatorio, no se alcanzará el crecimiento de sus compañeros de lote no enfermados. De este modo, la ganancia media diaria (GMD) de animales con lesiones pulmonares visibles en matadero se ve reducida en 70 -90g/día (Schneider et al. 2009; Smith, 1998) comparada con terneros sanos.

BRSV, el principal reto en animales jóvenes

Dentro de los agentes patógenos asociados al CRB, el Virus Respiratorio Sincitial Bovino (BRSV) es el principal agente causal de enfermedad respiratoria en todo el mundo involucrado en más del 60% de los brotes respiratorios observados en hatos lecheros y hasta el 70% en vacunos de carne (Valarcher et al., 2007). Concretamente en México se ha encontrado una prevalencia del 93.2% de BRSV en los rebaños (Figueroa-Chávez et al. 2012). Las infecciones por BRSV son particularmente severas en animales jóvenes, apareciendo en forma de brotes con alta morbilidad, de hasta el 80%, y alta mortalidad, de hasta el 20% (Sarmiento-Silva, 2012).

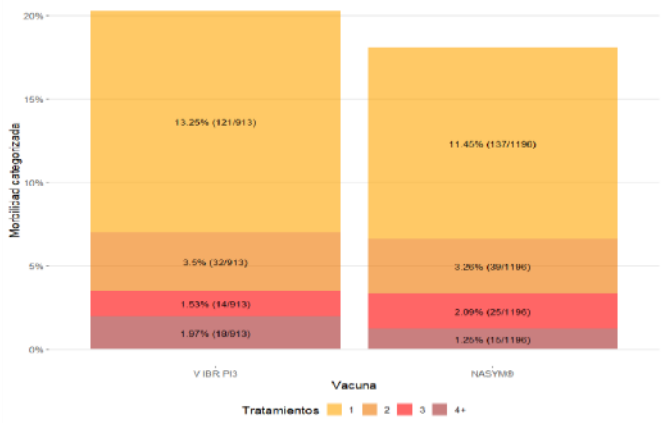
Beneficios de la vacunación con NASYM

Con el objetivo de mostrar el beneficio de la vacunación frene al BRSV, se llevó a cabo un estudio en un corral de engorda intensiva situado en Jalisco (México).
Se compararon dos protocolos vacunales, un protocolo incluyendo BRSV y el otro sin incluir BRSV, evaluando el impacto sobre la ganancia diaria de peso (GDP) y la morbilidad asociada al CRB. Un total de 2,109 bovinos fueron incluidos en el estudio. Los animales con un peso promedio de 230250kg, llegaron al corral de engorda gradualmente durante el mes de abril del 2021 y se agruparon en función del protocolo vacunal aplicado a la entrada: un grupo vacunado con NASYM (vacuna intranasal viva frente a BRSV) y otro grupo con una vacuna intranasal viva frente a virus IBR y PI3.
913 animales fueron vacunados con V IBR-PI3, de los cuales 382 eran machos y 531 hembras. En el grupo NASYM se incluyeron en total 1.196 animales, de ellos 738 machos y 458 hembras (tabla 1).
Se recogieron datos de todos los animales desde el día de la entrada hasta los 20 días de estancia en el corral y se analizaron tras ese período. Los datos registrados incluyeron los tratamientos aplicados frente al CRB, así como los pesos individuales a la entrada y al final del estudio.

Morbilidad

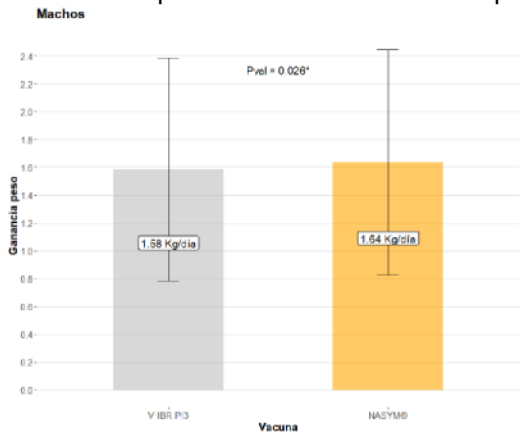
La morbilidad asociada al CRB fue un 10,86% menor en el grupo NASYM comparado con el grupo V IBR-PI3 (p-valor=0.709). Esta reducción en la morbilidad global fue más evidente en machos con

menos de 200Kg de peso, que recibieron un 33,04% menos de tratamientos que el grupo V IBR-PI3 (p-valor=0.593). Además, comparando el número de tratamientos por animal en cada grupo, se logró una reducción del 35,14% de tratamientos por animal en el grupo vacunado con NASYM (pvalor=0.237), lo que significa una reducción del 5,71% de animales crónicos en el grupo NASYM.



Ganancia Diaria de Peso (GDP)

En cuanto a la GDP los animales vacunados con NASYM ganaron 60g/día de peso más que el grupo V IBR-PI3, de manera que en los 20 días que duró el estudio los animales engordaron en media 1,2kg de más comparado con el grupo V IBR-PI3. Esta diferencia se observó al analizar los datos de forma global y fue significativa al comparar los machos de ambos protocolos (p=0,026).



Conclusiones

NASYM es una vacuna viva monovalente frente a BRSV, el virus más frecuente asociado al CRB en animales jóvenes. En este estudio los animales vacunados con NASYM enfermaron un 10,86% menos y recibieron un 35,14% menos de tratamientos frente al CRB comparado con los animales vacunados con V IBR-PI3. Igualmente, el grupo NASYM registró un 5,71% menos de animales crónicos. El diseño y dimensión del presente estudio con un total de 2.109 animales hace que la significación estadística no se alcance para todos los parámetros. Sin embargo, la tendencia observada y los datos obtenidos hacen pensar que, en una experiencia con más animales, en una situación real de engorda con decenas de miles de cabezas, algunos de estos parámetros puedan alcanzar mayor robustez estadística.

La GDP de los animales fue mayor en el grupo NASYM (+60g/día) resultando en 1,2Kg más de peso tras 20 días de estancia en el corral de engorda. El dato es estadísticamente significativo lo que muestra como un resultado robusto y replicable en campo en el modo descrito.

Los resultados obtenidos muestran que el uso de NASYM disminuye la morbilidad del CRB y aumenta la GDP, mejorando la rentabilidad en corrales de engorda.

Lo que confirma que la prevención es la clave para mejorar el bienestar animal, para reducir el uso de antibióticos y, por encima de todo, para minimizar los costes derivados del CRB.

IMPACTO DE LA INMUNIDAD PASIVA FRENTE A QIB EN TERNEROS NACIDOS DE MADRES VACUNADAS CON MORAK® 5

Samaniego A.[1], Hernández A.[2], Alvidrez R[2], Teixeira R.[3], Cepeda, R.[3], Solé M.[3]

1.MVZ, Impexvet México 2. HIPRA México 3. HIPRA España

Objetivo

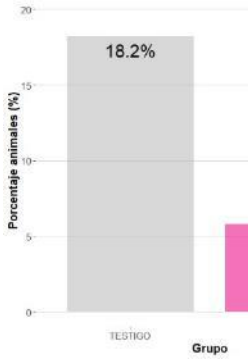
La Queratoconjuntivitis Infecciosa Bovina (QIB), también llamada "ojo rosado", es la causa más común de enfermedad ocular en bovino, con gran impacto económico y de bienestar animal. El agente más comúnmente asociado con la QIB es *Moraxella bovis*, si bien en los últimos años el aislamiento de *Moraxella bovoculi* se ha incrementado[1]. Aunque los animales de cualquier edad pueden verse afectados, los terneros jóvenes presentan infecciones más graves.
El objetivo de este estudio fue determinar si la inmunidad pasiva en terneros que recibieron calostro de vacas vacunadas con MORAK® 5 era capaz de reducir la prevalencia clínica de "ojo rosado", así como valorar el posible beneficio económico de la vacunación.

Material y Métodos

El estudio se realizó en una granja de producción intensiva de leche (Establo Lucero) con aproximadamente 23.000 vacas en ordeño y 4.200 terneras en crianza, situada en el estado de Durango, México.
El protocolo de vacunación realizado entre septiembre y octubre de 2022 consistió en dos dosis de MORAK® 5 aplicadas con un intervalo de 21 días a las vacas gestantes (4 y 1 semanas previas al secado). MORAK® 5 (HIPRA, España) es una vacuna inactivada frente a QIB que contiene 5 valencias: *M. bovis* serotipos C,D y E*, M. bovoculi y M. ovis*.
Se comparó la prevalencia de QIB en dos grupos de terneros: grupo MORAK® 5 (n=52), nacidos de madres vacunadas y grupo testigo (n=55), nacidos de madres no vacunadas. Se registraron los datos del número de casos y tratamientos de QIB desde el nacimiento hasta los 90 días de vida de los terneros. Todos los terneros incluidos en el estudio se mantuvieron bajo las mismas condiciones de manejo y ambientales.
Para analizar la prevalencia, se llevó a cabo un modelo de regresión logística con el efecto grupo como factor, con un nivel de significación del 5%.

Resultados

Los resultados obtenidos mostraron una reducción significativa del 68% de casos de QIB en el grupo de terneros cuyas madres habían sido vacunadas con MORAK® 5 en comparación con el grupo de terneros nacidos de vacas no vacunadas (*p-valo*r = 0,044).



Variable	Testigo	® MORAK 5	Diff	1 P-valor
Prevalencia	18,2% (10/55)	5,8% (3/52)	↓68,1%	0,044*

Gráfico 1. Prevalencia de QIB en cada grupo. Los resultados muestran una reducción significativa (p-valor<0.05) de casos en el grupo MORAK® 5 en comparación con el grupo testigo.

En cuanto al cálculo del retorno económico de la inversión (ROI), considerando los costes asociados a la enfermedad, tal como tratamientos, mano de obra o disminución GMD[2] así como la inversión de la vacunación, no sólo ésta fue recuperada, sino que se obtuvo un retorno de lo invertido del 214,6% (tabla 1).

En otras palabras, la estimación del beneficio por cada 100 terneros que recibieran calostro de vacas vacunadas sería de $15.020,48.

	Testigo	**MORAK® 5**
Casos estimados por cada 100 animales	18	6
Costes totales (incluyendo vacunación en el grupo MORAK® 5)	$33,030.72	$18,010.24
DIFF		$15,020.48
ROI		**214,6%**

Coste 1 caso = 100USD[2]/ $1835,01

Tabla 1. Cálculo del ROI considerando los costes asociados a la enfermedad y la inversión en la vacunación.

Conclusiones:

Este estudio muestra que la vacunación de madres gestantes frente a la QIB es beneficiosa para inmunizar pasivamente a los terneros, consiguiéndose una reducción significativa de la prevalencia de esta enfermedad en terneros nacidos de madres vacunadas.
Así mismo, el retorno de la inversión (ROI) positivo también justifica económicamente la prevención de la QIB a través de la vacunación como una medida altamente rentable para el rebaño.

Referencias:

1. John A. Angelos, Infectious Bovine Keratoconjunctivitis (Pinkeye), Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Volume 31, Issue 1, 2015, Pages 61-79
2. Clarke R. The full cost of pink eye in cattle. http://www.canadiancattlemen.ca/2014/11/07. 2014

Nutrición

MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA EN TRES AGOSTADEROS DE PAJUACARÁN, MICHOACÁN. MÉXICO.

Perea C. R. A., *Barrera J. I.

RESUMEN

El Objetivo de este estudio fue evaluar el método del cuadrante (metro cuadrado), para estimar la disponibilidad de materia seca (MS) en agostaderos naturales en tres agostaderos naturales del Municipio de Pajuacarán, Michoacán, región noroeste del Estado, para esto, se calculó la producción de biomasa y se determina la capacidad sustentadora de los recursos forrajeros naturales de las tierras de pastoreo de la zona. **Material y Métodos:** Se seleccionaron tres sitios denominados: La Tepuza, EL Rodrigueño y Potrero Grande, la medición de variables de superficie se llevo a cabo durante 10 meses del 2019. Se georreferencio en unidades UTM, se reportó la geoforma sobre la cual se encontró el muestreo. Y se evaluaron variables de superficie.
Para la evaluación de la vegetación**:** Se usó el método del cuadrante mediante diseño en bloques, completamente al azar, con dos fuentes de variación (lugares pastoreados y no pastoreados) en tres agostaderos, y promedio de 25 unidades de observación por agostadero. De las especies pastoreadas se cuantifico biomasa. El rendimiento forrajero se expreso en gramos y transformado a kg de MS por hectárea. La capacidad de carga de los sitios se expresó en hectáreas por unidad animal. Se realizó análisis de varianza y comparaciones múltiples de promedios mediante la prueba de Tukey: 5 % (diferencias significativas entre las medias). En el procesamiento y análisis de datos, se usó el programa estadístico R. **Resultados**: La disponibilidad de MS por el método fue de 683.36, 1796.6 y 1409.92 de MS/ha en forraje verde y para forraje seco 1507.8, 1796.6 y 3361.1 kg de MS/ha. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). **Conclusiones**: El método del cuadrante arrojo mediciones promedio de MS en la pradera, inferiores a 3787 Kg de MS/ha reportado por COTECOCA2000 en la región y dejó advertir las características deseables y concordantes para su uso en la actividad ganadera.

Palabras clave: método del cuadrante, Carga ganadera, ganadería, agostaderos naturales.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO 2020 (Fierro. 1997), el mayor porcentaje de tierras agrícolas en el mundo se destina a la producción ganadera, la necesidad de evaluar el rendimiento de materia seca (MS) en las asociaciones de pastos, surge debido a que los productores ganaderos no valoran la disponibilidad de MS de las praderas, indicador que permite ajustar los sistemas y establecer los criterios de manejo de las pasturas, así como determinar la eficiencia energética y de nutrientes (Rombach *et al*., 2019). Asimismo, por la importancia de conocer las bondades de los pastos naturales, de modo que cubran los requerimientos nutricionales de los animales, permite determinar la carga animal por hectárea.
La ganadería bovina en México es una actividad de gran importancia socioeconómica. Utiliza recursos forrajeros representados por agostaderos naturales y praderas inducidas en más del 50 % del territorio nacional y está presente en todas las entidades federativas, lo cual le confiere a la República una gran vocación ganadera.
La región templada-centro, constituida por el Valle de México y el Bajío, es la zona que por tradición se dedica a la agricultura, así que en ella la actividad ganadera es marginal. Jalisco y Michoacán son los únicos estados productores de carne, pero sin duda alguna la importancia de esta región radica en que

** **Barrera Jiménez Ivonne**. Universidad Autónoma Metropolitana – X Cepario División de CBS, rperea@correo.xoc.uam.mx 5581811714. Calzada Del Hueso 1100 Col. Villa Quietud Coyoacán.

dispone de las principales cuencas lecheras del país en los estados de Puebla, Querétaro y los altos de Jalisco (FIRA, 2021).
El estado de Michoacán cuenta con una superficie territorial de 58,642 Km^2, (5'846,300.00 has), de las cuales 580,892.32 hectáreas que representan el (9.9 %) de la superficie estatal son dedicadas al pastoreo. Las áreas forestales cubren una superficie a nivel estatal de 944,595.758 ha, mientras que la selva y matorral xerófilo 659,405.87 ha y 2,206.20 ha respectivamente (INEGI 2005). La Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (Sagarpa 2011), reportó para la región noroeste del Estado de Michoacán, un coeficiente de agostadero de 9 ha UA^{-1}. El deterioro y/o agotamiento de las tierras de pastoreo se entiende si se toma en cuenta que se trata de comunidades que se encuentran sujetas a una dinámica de cambio constante, pastizales deteriorados, cuya composición florística ecológica han sufrido modificaciones a veces irreversibles, como es el caso en el que se introducen especies de mala calidad forrajera, debido a su mayor agresividad tienen la capacidad de establecerse y de competir con las nativas, buenas forrajeras, ganándoles espacio; bajando así la calidad florística de un pastizal y por ende su capacidad de carga animal (Kurtz, et al. 2015).
Los sitios de pastizal son usados como unidades ecológicas básicas, las cuales pueden ser divididas para su estudio, evaluación y manejo. El sitio de pastizal expresa capacidad o potencial, mientras que la condición de pastizal indica el estado actual de la comunidad vegetal en relación con su
potencial (Holechek, et al. 2011), la cobertura vegetal y la composición florística son indicadores altamente significativos de la condición del sitio, donde una proporción de especies palatables para el ganado es considerada como una condición del sitio.
Para la clasificación de sitios de pastizal se consideran cuatro factores básicos del clima: La radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento, mismos que interactúan entre si y otros factores en donde surgen otras variables climáticas: la precipitación, la presión barométrica, la evaporación y la temperatura del suelo (Holechek, et al. 2011; Pinheiro. 2006). Los sitios de pastizal son usados como unidades ecológicas básicas, las cuales pueden ser divididas para su estudio (Gauthier et al. 2003).
Otros métodos utilizan una combinación de los factores de vegetación, animales y suelo (Barber. 1998) o bien se enfocan en los efectos sobre las características del suelo que controlan el movimiento del agua para su evaluación y manejo.
El sitio de pastizal expresa capacidad o potencial, mientras que la condición de pastizal indica el estado actual de la comunidad vegetal en relación con su potencial (Shiflet 1973).
Los pastos naturales y mejorados constituyen un factor fundamental en la producción ganadera, y es necesario conocer la disponibilidad de MS en los pastizales. Ello se logra mediante la utilización de los métodos de muestreo (Cruz *et al*., 2021), existen varias técnicas para determinar la disponibilidad de MS en los pastizales, mediante el método del cuadrante (metro cuadrado), que es una técnica directa el productor podría conocer la carga animal por pradera y la edad correcta de pastoreo. De este modo se puede dar un uso más eficiente a la pradera. Por todo lo expuesto, el **Objetivo** de este estudio fue evaluar el método
del cuadrante (metro cuadrado), para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en tres agostaderos naturales del Municipio de Pajuacarán, Michoacán, región noroeste del Estado, para esto, se calculó la producción de biomasa y se determina la capacidad sustentadora de los recursos forrajeros naturales de las tierras de pastoreo de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental:
La investigación se llevo a cabo durante un periodo de 10 meses, inicio el mes febrero del 2019 y concluyo el mes noviembre del mismo año. Se seleccionaron tres sitios denominados: La Tepuza, EL Rodrigueño y Potrero Grande ubicados en el municipio de Pajacuarán, Michoacán. Perteneciente a la región noroeste del Estado de Michoacán cuya característica en común es presentar condiciones edáficas, geológicas y climáticas muy similares, además de la presencia de matorrales y pastizales que sustentan especies vegetativas para el consumo animal, sin embargo, dichos sitios presentan diferente presión de pastoreo. Por tanto, para el complimiento de esta investigación se desarrollaron las siguientes etapas:

-Medición de variables de superficie

Se georreferencio la unidad de muestreo, además de la latitud y la longitud en unidades UTM, se registró con el geoposicionador la altura sobre el nivel del mar. La pendiente se medió con clisímetro y se expresó en porcentaje, se reportó la geoforma sobre la cual se encontró la unidad de muestreo. Para las variables de superficie se evaluaron las siguientes: Pendiente, latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar.

-Evaluación de la vegetación

Muestreo de la vegetación: se llevó a cabo en lugares pastoreados y no pastoreados; estos últimos se localizarán donde se observe mayor producción de forraje, que es posible definir en este caso por la mala distribución y escasez de abrevaderos, para facilitar las diferencias entre áreas de pastoreo de las no pastoreadas. El corte del forraje se llevó a cabo durante la época de crecimiento. Para un mismo sitio, se obtuvieron muestras y pesos en diferentes épocas del crecimiento vegetativo, por lo que se tendrán producciones bajas (en las primeras etapas) hasta producciones máximas al final de la temporada de crecimiento. Para la determinación de la producción de forraje por unidad de superficie, se utilizó el método del metro cuadrado (Mundaca. 2004) cortando al ras el forraje. De esta manera, el peso del forraje se obtuvo cortando el crecimiento aéreo de las especies pastoreadas y se registró en gramos de materia verde y seca por unidad de muestreo. El rendimiento de forraje se expreso en gramos y transformado a kg de materia seca por hectárea. La cuantificación de la producción de biomasa, permito obtener en un tiempo breve la información necesaria y lograr diferenciaciones de productividad entre sitios para asignar los coeficientes de agostadero.

En la unidad de muestreo, se ubicaron cuadrantes de 1 m x 1 m, mediante estacas y cordel plástico (25 cuadrantes por sitio), en cada uno de los agostaderos denominados: La tepuza, EL Rodrigueño y Potrero Grande ubicados en el municipio de Pajacuarán, Michoacán, se cuantifico la biomasa presente, y se reportó el promedio para los veinticinco cuadrantes, cosechando así los zacates presentes a ras del suelo, para posteriormente colocarlos en bolsas de papel se rotularon (fecha, nombre ,numero de agostadero, numero de muestra). Para el análisis de MS, las muestras se llevaron al laboratorio bromatología de los alimentos, de la Universidad autónoma metropolitana Xochimilco de la CDMX Para la determinación de este indicador se sometieron a secado a temperatura ambiente durante 36 hr. y posteriormente pesar el forraje y obtener peso constante. Para el cálculo se usó la fórmula siguiente:

$$MS = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Dicho muestreo se realizó durante la última semana del mes de junio (periodo húmedo) y la segunda semana del mes de noviembre (periodo seco) del 2019. La cuantificación de la producción de forraje en materia seca, se llevó a cabo apegado a fórmula propuesta por (Gauthier et al.,Wiken, 2003; Huss y Aguirre 1976):

Producción de forraje	**= gm^{-2} x 10000 / 1000**

Levantamiento de datos en campo: Los datos de campo para la evaluación de la vegetación fueron registrados mediante el Método de Cuadrantes (Cox 1976; Huss y Aguirre 1987).

La capacidad de carga animal estimada, se determinó utilizando la fórmula propuesta por (Huss y Aguirre 1987):

Hectáreas / u.a.	**= 4928 de MS x Hectárea / Producción anual de forraje por ha X 0,5 Kg / ha.**

Capacidad de carga:

La capacidad de carga de los sitios se expresó en hectáreas por unidad animal de la siguiente forma:

Requerimientos Anuales de M. S. x u .a. / Kg de M. S. x ha	**=**	**ha. / u.a.**

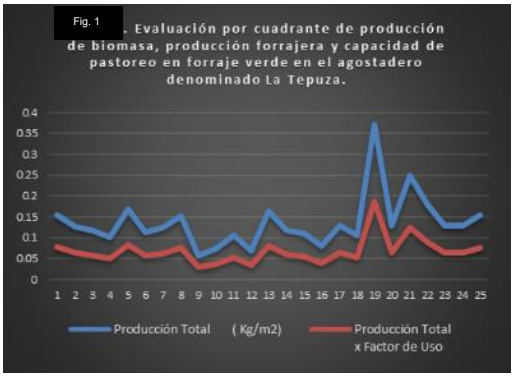
Una vez atendidos estos supuestos, se procedió con el análisis de varianza. Se aplicó la prueba de *Tukey* (Tukey's HSD) para determinar las diferencias estadísticas entre las medias obtenidas se realizó análisis de regresión lineal y polinómica. Los resultados se presentaron mediante tablas y gráficos.

RESULTADOS

Los valores de materia seca reales se obtuvieron mediante de método del cuadrante (metro cuadrado), se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). La disponibilidad de materia seca por el método fue de 683.36, 1796.6 y 1409.92 de MS/ha en forraje verde y para forraje seco 1507.8, 1796.6 y 3361.1 kg de MS/ha.

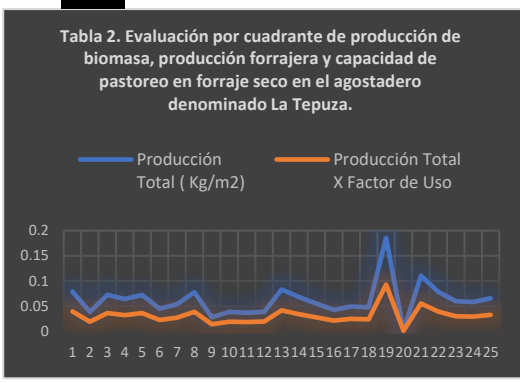
La comparación entre los tres agostaderos indico diferencias significativas entre las mediciones en los sitios y tiempos de aplicación del método del cuadrante. El método es crucial en la evaluación de la masa de los pastos, debido que se obtienen datos confiables en los muestreos. Esto indicó que entre los días de muestreos en cada agostadero hubo diferencias significativas ($p = 0,0001$), y se obtuvo la mayor cantidad de MS en praderas con más días de descanso pos-pastoreo. Y diferencias notorias en cada intervalo de evaluación en los tres agostaderos pueden corresponder a diferentes condiciones de fertilidad del suelo y al clima, concordando con lo reportado por Dickhoefer et al., (2018), que no son muy favorables en el municipio de Pajacuarán en los últimos meses de año donde la humedad es escasa. Estos intervalos de días de evaluación ayudan a conocer la edad más adecuada de composición florística de estos pastizales nativos para el cálculo de MS. En este estudio, las evaluaciones del cálculo de MS se realizaron a los 25 sitios antes y después del pastoreo. **(*Figuras 1, 2, 3, 4, 5, y 6*).**

Fig. 1



Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
683.36 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = **7.21Ha/U.A**

Fig 2

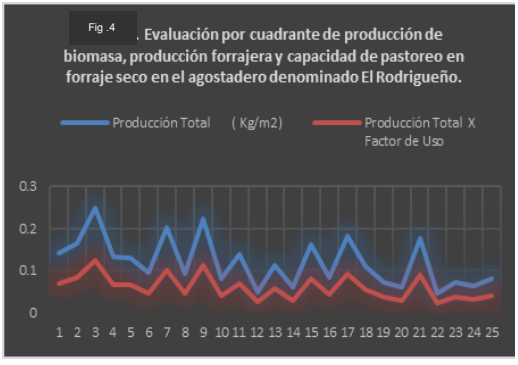


Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
309.32 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = **15.93Ha/U.A.**

Fig 3

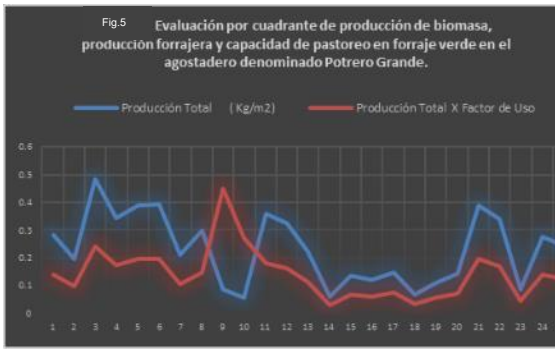


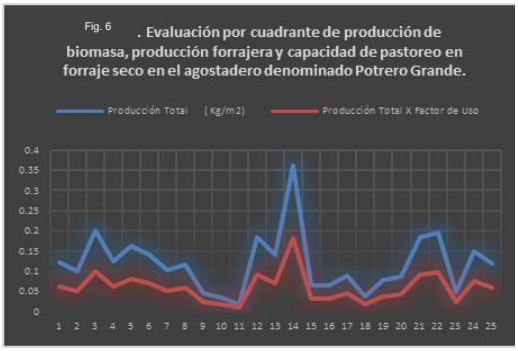
Fig .4



Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
1,796.6 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = **2.74 Ha/U.A**

Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
597 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = **8.25 Ha/U.A.**





Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
591.64 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = 8.32 **Ha/U.A.**

Hectáreas por Unidad Animal =
4,928 Kg de forraje / Unidad Animal
1,409.92 Kg de forraje producido
Capacidad de PASTOREO = **3.49 Ha/U.A.**

El promedio de MS se halla en el rango inferior al informado por COTECOCA2000 quienes indicaron que se obtiene como promedio 3787 Kg de MS/ha y reportó para la región noroeste del Estado de Michoacán, un coeficiente de agostadero de 9 ha UA^{-1} para la región noroeste del Estado de Michoacán, datos que coinciden con lo reportado en esta investigación y también convienen que las características ambientales influyen en la producción de MS de los forrajes. La edad fenológica es fundamental en la materia del forraje, y tiene una relación directa con la climatología de la zona de estudio. En el presente trabajo también se determinó la capacidad de pastoreo de tres sitios de muestreo, obteniéndose los siguientes valores: 7.21 ha AU^{-1}; 2.74 ha UA^{-1} y 3.49 ha UA^{-1}. En forraje verde y 15.91 ha AU^{-1}; 8.25 ha UA^{-1} y 8.32 ha UA^{-1} En forraje seco (tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Producción total de biomasa (kg/m^2), producción de forraje (kg ha^{-1}), y capacidad de pastoreo (ha^{-1} UA) de tres sitios de muestreo de forraje verde

	Producción Total	**Factor de Uso**	**Producción**	**Capacidad de Pastoreo**	Valor -p
Sitio	(kgm^2)	(%)	(kg ha^{-1})	(ha/AU^{-1})	
1. La tepoza	0.136	50	683.36	7.21	0.0001**
2. EL Rodrigueño	0.359	50	1796.6	2.74	0.0002**
3. Potrero Grande	0.230	50	1409.92	3.49	0.0002**

Tabla 2. Producción total de biomasa (kg/m^2), producción de forraje (kg ha^{-1}), y capacidad de pastoreo (ha^{-1} UA) de tres sitios de muestreo de forraje seco

	Producción Total	**Factor de Uso**	**Producción**	**Capacidad de Pastoreo**	Valor -p
Sitio	(kgm^2)	(%)	(kg ha^{-1})	(ha/AU^{-1})	
1. La tepoza	0.300	50	1507.80	15.91	0.0001**
2. EL Rodrigueño	1.080	50	1796.6	8.25	0.0034*
3. Potrero Grande	0.548	50	3361.1	8.32	0.0002*

DISCUSIÓN

Es indudable que la vegetación juega un papel importante en la preservación de las condiciones de un pastizal, sin embargo, no se ha comprobado que exista una correlación directa entre cobertura vegetal y desertificación.

La condición del pastizal es un concepto y medida muy importante. En consecuencia, existen varias opiniones en cuanto a lo que entraña y cómo se debería medir. Es una expresión del grado relativo en que los tipos, proporciones y cantidades de plantas en una comunidad se asemejan a las de la comunidad clímax de dicha área (Rzedowski. 2006). El grado en que el pastoreo reduce la cobertura vegetal y cambia la composición de especies, depende de las condiciones ambientales y de la frecuencia e intensidad de los periodos de pastoreo (Borreli y Oliva. 2001). Y muy probablemente, de las especies vegetales presentes (Herrick et al,. 2003). El predominio de malas condiciones en los pastizales es prueba de que el manejo en el pasado fue impropio. El tipo de ganado pastoreado en el pasado ayuda a explicar el estado actual de la vegetación y proporciona pistas con respecto a los cambios que podrían ser necesarios (Huss y Aguirre 1987). Las especies que tienen la habilidad de rebrotar a partir de algún órgano subterráneo después de haber sido defoliadas, tienen más posibilidades de tolerar el pastoreo continuo que aquellas especies que mueren con la defoliación y se regeneran solamente a través de semillas. Por tanto, las especies que cuentan con ambos mecanismos (rebrotar después de ser defoliadas y reproducirse por semillas) para perpetuarse, son probablemente las menos afectadas por las presiones de pastoreo (Pettit et al., 1995).

Un efecto típico del pastoreo es que las especies más palatables para el ganado empiezan a decrecer en densidad y son reemplazadas por otras menos palatables o por especies con ciclos de vida más cortos, como es el caso de los pastos o herbáceas anuales, los cuales están más adaptados a altos niveles de disturbio (Gregory et al., 1997) pero, al mismo tiempo, pueden conducir a una mayor pérdida de nutrientes, por ejemplo nitrógeno volátil, que la vegetación perenne, en la cual se mineraliza una mayor cantidad de nitrógeno anualmente (Boughton et al., 2018). La respuesta de las especies vegetales al pastoreo varía dependiendo de su forma de crecimiento y estrategia reproductiva. Las especies anuales son, por lo general, más tolerantes a los disturbios que las especies perennes debido a su comparativamente rápida velocidad de crecimiento, a su temprana madurez reproductiva y mayor producción de semillas en corto tiempo (Grime, 1974). La competencia entre animales y las condiciones ambientales. En el extremo opuesto, la ganadería sobre pastizales naturales es la que brinda menores posibilidades de controlar el proceso de alimentación y el medio ambiente de los animales (Borrelli. 2001). Aunque sí se puede regular

mediante el manejo y determinación de la Capacidad Sustentadora (Robles et al., 2008). Cuando se introduce un lote de animales a un cercado, éstos deben proveerse del alimento por sus propios medios. Los animales cosechan una ración diaria que representa su mejor elección frente a las posibilidades que el pastizal les brinda (Boughton et al.,2018).
La ingestión de nutrientes y, por tanto, de la hierba, está determinada por la cantidad de hierba disponible, su apetecibilidad, su valor nutritivo, condicionado a su vez por los niveles de principios digestibles, tales como carbohidratos y proteínas, junto con los minerales (Goopy y Gakige 2016).
También, hay que tener en cuenta la demanda energética del animal y las características del ambiente; por tanto, cuando prevalecen las condiciones favorables en el ambiente y en la dieta, cabe esperar que el animal consuma lo suficiente para atender su demanda energética (Goopy y Gakige 2016). El tiempo de retención del rumen y el grado de repleción ruminal interviene también en la ingestión de la hierba por parte del animal, ya que el consumo voluntario de ciertas dietas groseras se encuentra limitado por la capacidad ruminal y por el tiempo de retención del
alimento en este órgano. El consumo voluntario de materia seca está inversamente relacionado con el tiempo de retención (Van Soest, 1994; Casler et al., 2002). Así, la hierba joven, foliácea o suculenta es preferida especialmente a la hierba madura, talluda y seca; como se percibe la apetecibilidad parece estar relacionada con el grado de lignificación (Van Soest 1994; Chaves et al., 2006).
Por todo lo anteriormente expuesto, en el aprovechamiento de los pastos no solamente hay que estimular la producción herbácea, sino, de igual forma hay que tener en cuenta una serie de características, tanto de la hierba como del animal, para poder conseguir el máximo rendimiento en la producción. (Chaves et al., 2006).

CONCLUSIÓN

-El método directo (tradicional) se utiliza en trabajos de investigación, debido a que permite comparar la cantidad real de MS
-Este método es recomendable para la evaluación de la MS de las pasturas con potreros de áreas extensas, como en fincas relativamente pequeñas, por su eficiencia y simpleza del procesamiento de las muestras para la obtención de los resultados, la mano de obra, que demanda es sencilla,
para el método del cuadrante, además del cuadrado, son necesarias otras herramientas complementarias para el corte y pesado del forraje, como la balanza portátil y las tijeras de corte por tanto es económicamente barato.

BIBLIOGRAFÍA

1.- FIRA, 2021. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el banco mundial.
2.- INEGI 2005. Prontuario de Información Geográfica Municipal. Marco Ge estadístico Municipal 2005**.** https://www.inegi.org.mx › datos geográficos.
3.- Sagarpa. (2011). Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. Folleto técnico, 4. México: Unidad Técnica Especializada Pecuaria.
4
Fierro, L., C. 1997. Las tierras de pastoreo en México y el proceso de desertificación. Jornadas para la Convención Internacional de la Lucha contra la Desertificación. ONU; CONACyT; SEMA RNAP; INIFAP; CICESE; UABC. Ensenada, Baja California, México.
5.- Kurtz, D.B., Ligier, H.D., Navarro, M.F., Sampedro, D., Calvi, M. y Bendersky, D. (2015). Superficie ganadera y carga animal en Corrientes. Noticias y comentarios - Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, 528,1-5.
6. -Holechek, J., Pieper, R., Herbel, C. (2011). Range Management, Principles and Practices. 6th edition. New Jersey: Prentice Hall.
7.- Holechek, J., Pieper, R., Herbel, C. (2011) Ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos. Fundación Miguel Lillo, Instituto de Ecología Vegetal. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
8.- Pinheiro, L.C. (2006). Pastoreo Racional Voisin - Tecnología Agroecológica Para el Tercer Milenio. 2ª Ed. Brasil: Ed. Hemisferio Sur.

9. - Gauthier D., A. Lafón, T. Toombs, J. Hoth and E Wiken, (2003). Pastizales: hacia una estrategia de conservación para los pastizales de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Montreal, Canadá. 99 pp
10.- Barber, R.G. 1998. Vinculación de la producción y uso de forrajes de estación seca a prácticas mejoradas de conservación de suelos en El Salvador. *En: Hacia un uso sostenible de la tierra: fomentando la cooperación entre personas e instituciones* . (eds.: HP Blume, H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij y KG Steiner). vol. II. *Avances en Geoecología* 31: 1311-1317. Reiskirchen: Catena-Verlag. ISBN 3-923381-42-5.
11.-
Shiflet, T.N. 1973. Range Sites and Soil in the United States. Procceding Arid Shrubland Confere nce. Tucson, Ar. 26-33 p.
12.- Mundaca, M. P. 2004. Evaluación de las praderas y determinación de la capacidad sustentadora, Parque Nacional Archipiélago Juan Fernández, Isla Robinson Crusoe. Taller de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 138 p.
13.- Huss, D.
L. & Aguirre, L.V. 1987. Fundamentos de Manejo de Pastizales. Instituto Tecnológico de Estudio s Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias. Monterrey, N.L. México. Pp 227.
14.- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
15.- Borreli, P. y Oliva, G. (2001). "Producción Animal sobre Pastizales Naturales. Evaluación de pastizales". En: Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral (pp. 161-182). Buenos Aires, Argentina: INTA.
16.- Herrick J.E. A.M.Melgoza.D.A.Pyke. P.Shaver. M. Pellant. 2003. I Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. UAA. Aguascalientes México.
17.- Pettit, N. E., Froend, R. H., & Ladd, P. G. (1995). Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life form groups. Journal of Vegetation Science, 6(1), 121–130.
18.- Gregory, P.J, Simmonds, L.P. y Warren, G.P. 1997. Interacciones entre nutrientes vegetales, agua y dióxido de carbono como factores limitantes del rendimiento de los cultivos. *En: Fil. Trans. R. Soc.* Londres. 352, 987-996
19.-Boughton H.E. , Bohlen J P, Maki H. J. 2018. Effects of experimental season of prescribed fire and nutrient addition on structure and function of previously grazed grassland. *Journal of Plant Ecology*, Volume 11, Issue 4, August 2018, Pages 576–584
20.-Grime J P. 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature* volume 250, pages 26–31
21.-Borrelli, P. 2001. La Tecnología de Manejo Extensivo. Cap. 1. pp 9-16. En: Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral. Borrelli, P. y G. Oliva Editores. INTA. Reg. Patagonia Sur 269 pp.
22.-Robles, A.B.; Ruiz-Mirazo, J.; Ramos, M.E. y González Rebollar, J.L. 2008. Role of grazing livestock in sustainable use, fire prevention and naturalization of marginal ecosystems of southeastern Spain. Agroforestry in Europe. Series: Advances in Agroforestry. Vol.6. 465 p.
23. - Boughton, H.E., Bohlen J.P., and Maki H J. 2018. Effects of experimental season of prescribed fire and nutrient addition on structure and function of previously grazed grassland. Journal of Plant Ecology. Vol. 11, Num 4, 576–584 p.
24. - Goopy, J.P. and Gakige J.K. (eds.) 2016. Smallholder dairy farmer training manual. ILRI Manual 24 International Livestock Research Institute (ILRI). Nairobi, Kenya.
25.- Van Soest, PJ (1994) Ecología nutricional de los rumiantes. Segunda edición, Cornell University Press, Ithaca, 476.
26.- CaslerM.,PetersonP.,HoffmanL.,EhlkeN.,and Rose- Fricker C. 2002. Natural selection for survival impro- ves freezing tolerance, forage yield, and persistence of Festulolium. Crop Science 42: 1421-1426
27. - Chaves A., Waghorn G., Brookes I., Woodfield D. 2006. Effect of maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (Lolium perenne L.) Animal Feed Science and Technology 127:293–318.
28.-La Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA 2000)

29.-Dickhoefer U., Glowacki, S., Gómez C. A. & Castro-Montoya, J. M. 2018. Forage and protein use efficiency in dairy cows grazing a mixed grass-legume pasture and supplemented with different levels of protein and starch. *Livest. Sci*. 216:109-118.
30.-Oliva-Cruz, S. M., Collazos, R., Vigo-Mestanza, Carmen N. & Maicelo, J. L. 2018. Factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles con la especie nativa *Alnus acuminata* (aliso). *Agrociencia (Uruguay)*. 22 (2):113-121, 2018.
31.- Dickhoefer, U., Glowacki, S., Gómez C. A. & Castro-Montoya J. M. 2018. Forage and protein use efficiency in dairy cows grazing a mixed grass-legume pasture and supplemented with different levels of protein and starch. *Livest. Sci*. 216:109-118.

ESTUDIO ZOOMÉTRICO DE LA CABRA BOER EN COLIMA, MÉXICO

*Macedo B.R.J., Santana L.A.M., Arredondo R.V., Ayala V.M.A., García M.C.A.

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de caracterizar la morfología de la cabra Boer en Colima, México. A una muestra de 67 cabras Boer puras mayores de un año se les tomaron 10 medidas corporales para calcular cuatro índices raciales y siete índices funcionales. La información se analizó por medio de estadística descriptiva y para determinar el grado de armonía morfoestructural se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las medidas corporales. El análisis descriptivo mostró una alta homogeneidad entre las cabras estudiadas mientras que el análisis de correlación de Pearson mostró que poseen un modelo morfoestructural medianamente armónico. De acuerdo con sus índices raciales, son dolicocéfalas y poseen un cuerpo mediolíneo, un tórax elíptico y una grupa convexilínea. En tanto que, de acuerdo con sus índices funcionales, presentan una aptitud zootécnica con una marcada orientación hacia la producción de carne la cual puede ser mejorada con una selección dirigida a incrementar la anchura de la grupa y la profundidad del pecho manteniendo estable la alzada a la cruz.

INTRODUCCIÓN

El estado de Colima cuenta con zonas con alto potencial para el establecimiento de unidades de producción caprinas, sin embargo, el inventario estatal es de apenas 13 992 cabezas (SIAP, 2021) con una producción anual de tan sólo 60 toneladas de carne en canal y 3 000 litros de leche (SIAP, 2020). Esta baja productividad se debe a la práctica de un sistema de producción de tipo extensivo, en unidades productivas con poca superficie y hatos pequeños, con baja incorporación y uso de tecnología, manejadas por productores que carecen de acceso a asistencia técnica y a fuentes de financiamiento. Asimismo, en los hatos predominan cabras criollas con una alta variabilidad morfológica y sin una aptitud zootécnica definida, los cuales están siendo orientados hacia la producción de carne principalmente a través de la hibridación con sementales puros o cruzados de la raza Boer (Macedo-Barrragán *et al*., 2019; Abarca-Vargas *et al*., 2020).

En los últimos años, la raza Boer ha sido introducida a diversas regiones de México con el propósito de mejorar la productividad e incrementar la viabilidad económica de los hatos a través de cruzamientos con las cabras "locales" y con otras razas especializadas, lo que ha motivado el estudio de su comportamiento productivo (Merlos-Brito *et al*., 2008; Meza *et al*., 2008; Martínez-Rojero *et al.,* 2014). Junto con las evaluaciones productivas, los estudios zoométricos permiten caracterizar una raza, analizar la armonía de su modelo morfoestructural y construir índices corporales que permiten realizar una caracterización racial o evaluar su aptitud o inclinación hacia una determinada función zootécnica (Salako, 2006; Parés, 2009; Sierra, 2009).

Pese a que la Boer es una de las razas cárnicas más reconocidas a nivel mundial por su alta tasa de crecimiento, fecundidad, adaptabilidad, resistencia a enfermedades y excelente conformación corporal y

*Rafael Julio Macedo Barragán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo. Tecomán, Colima. C.P. 28100. (313) 322 94 07. macedo@ucol.mx.

calidad de la carne (Malan, 2000), su morfología ha sido poco estudiada por lo que, bajo este contexto el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la morfología de la cabra Boer en Colima, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitios experimentales.

El estudio se realizó en tres ranchos del estado de Colima. El rancho Sueño Real ubicado en la localidad de Los Asmoles, municipio de Colima en las coordenadas 19°07'26''N y 103°47'39''O. El rancho Cuastecomates localizado en la comunidad del Huizcolote, municipio de Manzanillo en las coordenadas 19°15'28''N y 104°16'20''O y El Ranchón ubicado en la localidad de El Nuevo Naranjal, municipio de Villa de Álvarez en las coordenadas 19°24'17''N y 103°40'11''O. Los dos primeros presentan un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano correspondiente a la fórmula Aw0(w), el tercero presenta un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano correspondiente a la fórmula (A)C(w1)(w).

Animales, muestreo y variables.

Se estudió una muestra de 67 cabras Boer hembras, con grado de pureza de acuerdo con el libro de registro del productor y mayores de un año de edad, a las cuales de acuerdo con la metodología de Herrera y Luque(2009) y Parés(2009) se les tomaron las siguientes medidas corporales: Longitud de cabeza: distancia entre la protuberancia del occipital hasta el labio superior; Anchura de cabeza: distancia entre los arcos cigomáticos; Alzada a la cruz: distancia desde el punto más alto de la cruz (región inter-escapular) al suelo por la extremidad anterior izquierda; Perímetro torácico: perímetro del tronco a la altura de la parte más culminante de la cruz (región inter-escapular) y la región esternal inferior (olecranon); Perímetro de caña: longitud del círculo recto que se forma en el punto medio de la región metacarpiana del miembro anterior izquierdo; Longitud corporal: distancia entre el punto más craneal y lateral de la articulación escápulo-humeral y el punto más caudal de la tuberosidad isquiática; Anchura de pecho: distancia entre ambos planos costales tomando como referencia los límites de la región costal respecto a las proximidades de la articulación del codo a nivel del arco de la quinta costilla; Profundidad de pecho: distancia vertical entre la parte más culminante de la cruz (región inter-escapular) y la región esternal inferior (olecranon); Longitud de grupa: distancia entre la tuberosidad ilíaca externa y la tuberosidad isquiática y Anchura de grupa: distancia entre las dos tuberosidades ilíacas externas. Previo a su aplicación, el protocolo de investigación fue aprobado por el Comité de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima y durante la medición de las cabras, se cumplió con las normas para el cuidado y bienestar animal NOM-051-ZOO-1995 y NOM-062-ZOO-1999.

Con las medidas corporales obtenidas y siguiendo la metodología descrita por Pares (2009), se calcularon cuatro índices raciales: Índice cefálico= anchura de la cabeza x 100 / longitud de la cabeza; Índice pelviano= anchura de la grupa x 100 / longitud de la grupa; Índice torácico= anchura de pecho x 100 / profundidad de pecho e Índice corporal= longitud corporal x 100 / perímetro torácico. Además, se determinaron siete índices funcionales: Índice dáctilo torácico= perímetro de caña x 100 / perímetro torácico; Índice dáctilo-costal= perímetro de caña x 100 / anchura de pecho; Índice de profundidad relativa de tórax= profundidad de pecho x 100 / alzada a la cruz; Índice pelviano transversal= anchura de grupa x 100 / alzada a la cruz; Índice pelviano longitudinal= longitud de grupa x 100 / alzada a la cruz; Índice de espesor relativo de la caña= perímetro de caña x 100 / alzada a la cruz e Índice de proporcionalidad = alzada a la cruz x 100 / longitud corporal.

Análisis de la información.

Las medidas corporales y los índices raciales y funcionales se analizaron por medio de estadística descriptiva y en el caso de las medidas corporales, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson con

el fin de determinar el grado de armonía morfoestructural de las cabras considerando el número de correlaciones positivas significativas presentes entre ellas. Un modelo armónico será aquel que presente un número de correlaciones positivas significativas mayor al 80% del total, uno medianamente armónico presentará alrededor de un 50% de correlaciones positivas significativas y un modelo con poca armonía menos del 25%.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 y en el Cuadro 2 se muestran las estadísticas descriptivas de las medidas corporales y los índices raciales y funcionales respectivamente, destacando la gran homogeneidad de las cabras estudiadas al mostrar para todas las medidas y para prácticamente todos los índices evaluados un coeficiente de variación (CV) menor a 10.

Cuadro 1. Medidas corporales (en centímetros) de cabras Boer en Colima, México.

Medida	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Anchura de oreja	9.86	0.57	8.50	11.50	5.74
Longitud de oreja	22.09	1.72	17.50	26.00	7.79
Anchura de cabeza	13.00	0.63	11.60	14.20	4.87
Longitud de cabeza	21.57	1.19	18.50	24.00	5.52
Anchura de grupa	16.74	1.59	14.00	20.50	9.48
Longitud de grupa	22.58	1.43	18.00	26.20	6.35
Alzada a la cruz	64.78	3.55	57.10	76.00	5.47
Longitud corporal	80.30	6.89	62.30	93.00	8.58
Perímetro de caña	10.41	0.89	9.00	14.00	8.54
Perímetro torácico	91.24	7.13	74.00	108.00	7.81
Anchura de pecho	22.42	2.06	18.60	28.50	9.18
Profundidad de pecho	31.33	2.24	26.80	36.60	7.14

Cuadro 2. Índices raciales y funcionales de cabras Boer en Colima, México.

Índice	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV
Raciales					
Cefálico	60.36	3.45	51.05	69.27	5.72
Pelviano	74.31	9.88	62.22	95.12	9.88
Torácico	71.62	5.12	61.47	83.96	7.15
Corporal	88.24	7.12	68.09	100.00	8.07
Funcionales					
Dáctilo-torácico	11.45	1.05	9.72	16.28	9.14
Dáctilo-costal	46.63	3.97	38.46	57.85	8.52
Pelviano transversal	25.90	2.68	20.67	33.98	10.34
Pelviano longitudinal	34.93	2.55	27.03	40.96	7.29
Espesor relativo de caña	15.98	1.57	11.88	22.44	9.82
Profundidad relativa de tórax	48.44	3.44	41.60	59.54	7.10
Proporcionalidad	81.15	6.99	66.40	98.07	8.61

El análisis de correlación de Pearson mostró que un 76% de las medidas corporales estuvieron positiva y significativamente correlacionadas, lo que indica que el modelo morfoestructural de las cabras estudiadas es medianamente armónico. Los mayores coeficientes de correlación se observaron entre el perímetro torácico con la anchura y profundidad de pecho (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlaciones de Pearson entre las medidas corporales de cabras Boer en Colima, México.

	ACA	ACR	AGR	APE	LCA	LCO	LGR	PCA	PPE	PTO

ACA	---									
ACR	0.44*	---								
AGR	0.31*	0.11	---							
APE	0.48*	0.43*	0.41*	---						
LCA	0.40*	0.39*	0.29*	0.41*	---					
LCO	0.36*	0.37*	0.31*	0.29*	0.33*	---				
LGR	0.20	0.23	0.33*	0.32*	0.23	0.22	---			
PCA	0.23	0.26*	0.19	0.52*	0.10	0.13	0.10	---		
PPE	0.54*	0.40*	0.56*	0.64*	0.58*	0.44*	0.42*	0.20	---	
PTO	0.61*	0.51*	0.46*	0.77*	0.47*	0.51*	0.27*	0.39*	0.76*	---

ACA: anchura de cabeza; LCA: longitud de cabeza; AGR: anchura de grupa; LGR: longitud de grupa; ACR: alzada a la cruz; LCO: longitud corporal; PCA: perímetro de caña; PTO: perímetro torácico; APE: anchura de pecho; PPE: profundidad de pecho. *P < 0.05.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La longitud y anchura de cabeza de las cabras aquí estudiadas fue mayor a la de las cabras Boer criadas en Etiopía (Chiemela *et al*., 2016) y Egipto (Abd-Allah *et al*., 2019). En cuanto a las medidas pélvicas, las cabras criadas en Japón (Hirakawa *et al*., 2007) y en Etiopía (Chiemela *et al*., 2016) mostraron menor anchura y longitud de grupa que las evaluadas en el presente trabajo. El perímetro torácico, profundidad y anchura de pecho de las cabras del estado de Colima, fueron superiores a las de las cabras Boer egipcias (Abd-Allah *et al*., 2019), sudafricanas (Mokoena *et al*., 2021) y etíopes (Chiemela *et al.,* 2016) sin embargo, las cabras Boer japonesas (Hirakawa *et al*., 2007) mostraron una mayor profundidad de pecho que las aquí estudiadas, aunque con un menor perímetro torácico y anchura de pecho.
Con respecto a otras medidas corporales como el perímetro de caña, las cabras de Colima superaron a las de Etiopía (Chiemela *et al.,* 2016), Egipto (Abd-Allah *et al*., 2019) y Japón (Hirakawa *et al*., 2007). La alzada a la cruz fue mayor que la de las cabras etíopes (Chiemela *et al*., 2016) y egipcias (Abd-Allah *et al*., 2019) pero menor a la de las japonesas (Hirakawa *et al*., 2007) y sudafricanas (Mokoena *et al*., 2021), mientras que las cabras egipcias (Abd-Allah *et al.,* 2019), japonesas (Hirakawa *et al*., 2007) y sudafricanas (Mokoena *et al.,* 2021) mostraron una mayor longitud corporal que las aquí estudiadas, las cuales fueron superiores en este parámetro a las etíopes (Chiemela *et al.,* 2016).
El índice cefálico (ICE) indica la armonía de la cabeza y la clasifica como dolicocéfala (ICE < 100), mesocéfala (ICE = 100) o braquicéfala (ICE > 100) (Parés, 2009), por lo que en el presente estudio las cabras se clasifican como dolicocéfalas (ICE = 60.36), resultado similar al reportado en cabras Boer criadas en Etiopia (Chiemela *et al*., 2016).

El índice pelviano (IPE) está relacionado con la capacidad reproductiva del animal, da una idea de la constitución de la grupa y la clasifica convexilínea (IPE < 100) o concavilínea (IPE > 100) (Parés, 2009). El valor promedio aquí encontrado (IPE = 74.31) indica un evidente predominio de la longitud sobre la anchura de la grupa lo que es contrario al obtenido por Chiemela *et al.* (2016) quienes encontraron un IPE igual a 122.92 que indica que las cabras Boer etíopes presentan una grupa con mayor anchura que longitud lo que entre otras cosas, tiene un efecto positivo sobre la facilidad de parto ya que se incrementa la amplitud y se disminuye la longitud del canal de parto (Abarca-Vargas *et al*., 2020).

El índice torácico (ITO) indica el formato de la región torácica, la cual es mayor (más circular) en el ganado productor de carne y menor (más elíptico) en el ganado con orientación lechera. Este índice complementa al índice corporal y clasifica a los animales como brevilíneos (ITO ≥ 89), mediolíneos (entre 86 y 88) y longilíneos (ITO ≤ 85) (Parés, 2009). El valor promedio obtenido (71.62) indica que las cabras estudiadas tienen un tórax con forma elíptica.

El índice corporal (ICO) permite estimar la proporcionalidad entre la altura y la longitud de los animales y los clasifica como brevilíneos (compactos, (ICO ≤ 85), mediolíneos (ICO entre 86 y 88) y longilíneos (esbeltos y alargados, ICO ≥ 90) (Parés, 2009). De acuerdo con los resultados aquí obtenidos (ICO =

88.24) las cabras aquí estudiadas tienen un formato corporal mediolíneo, similar (ICO = 86.18) al de las cabras Boer criadas en Etiopía (Chiemela *et al*., 2016).

Los índices dáctilo-costal (IDC) y dáctilo-torácico (IDT) guardan relación con la aptitud lechera y establecen una relación entre las extremidades y la masa pectoral. El IDT indica el grado de finura de la osamenta del animal y los clasifica como elipométricos (conformación pequeña), eumétricos (conformación mediana) o hipermétricos (conformación grande) y es inferior a 10 en el ganado de fenotipo lechero y superior a 11 en el de fenotipo cárnico. En cuanto al IDC, valores ubicados entre 40 a 45 o inferiores indican funcionalidad lechera (Bravo y Sepulveda., 2010). En el presente estudio, los valores promedio encontrados (IDT = 11.45, IDC = 46.63) muestran una aptitud cárnica siendo el primero de ellos ligeramente inferior al encontrado en cabras Boer etíopes (IDT = 11.94) (Chiemela *et al.,* 2016).

Los índices pelvianos longitudinal (IPL) y transversal (IPT) relacionan la longitud y la anchura de la grupa respectivamente con la alzada a la cruz y permiten estimar la orientación zootécnica de una raza. Un valor para el IPL que no exceda 37 y un IPT que exceda ampliamente 33 son indicadores propios de un animal con tendencia hacia la producción de carne (Parés, 2009). De acuerdo con los valores promedio encontrados en este estudio (IPL = 34.93 e IPT = 25.90) se observa de acuerdo con el primero de ellos una tendencia orientada hacia el fenotipo cárnico mientras que el segundo de ellos es más consistente con los encontrados en cabras doble propósito (22.86) (Abarca-Vargas *et al*., 2020). De acuerdo con el estudio realizado por Chiemela *et al*. (2016) en Etiopia, las cabras Boer de ese país tampoco mostraron una orientación al fenotipo cárnico (IPL=18.38 e IPT = 20.62). La mejora del IPT podría realizarse por medio de la selección de cabras con una mayor anchura de grupa y una menor alzada a la cruz lo que adicionalmente repercutiría positivamente en la facilidad de parto de las cabras ya que el canal de parto incrementaría su anchura y proporcionalmente disminuiría su longitud.

El índice de espesor relativo de caña (IEC) indica la relación entre la masa corporal y la fortaleza de las extremidades que la sostienen y es superior en las razas cárnicas (Parés, 2009). El valor promedio aquí encontrado (15.98) supera ampliamente al de las cabras lecheras como la Alpina Francesa (12.53) (Gutiérrez *et al*.,2017) o al de las cabras con fenotipo doble propósito (12.73) (Abarca-Vargas *et al*., 2020).

El índice de profundidad relativa de tórax (IRT) es una medida indirecta de la longitud de las extremidades y muestra una relación entre la alzada a la cruz y la profundidad del pecho. Un valor que supere con amplitud 50 es propio de animales cárnicos caracterizados por poseer extremidades cortas y pecho profundo (Parés, 2009). De acuerdo con el valor promedio encontrado para este índice (IRT = 48.44), las cabras muestran un fenotipo semejante al de los animales de doble propósito (IRT = 46.20) como lo consignan Abarca-Vargas *et al.* (2020). Una selección dirigida a incrementar la profundidad de pecho manteniendo estable la alzada a la cruz de las cabras, incrementaría el valor de este índice y lo haría consistente con un fenotipo cárnico.

El índice de proporcionalidad (IPR = 81.15) indicó una clara orientación hacia la producción de carne, toda vez que un valor inferior a 100 (superioridad de la longitud corporal sobre la alzada a la cruz) denota una forma corporal con tendencia rectangular, característica de las razas cárnicas (Parés, 2009). En contraste, una raza lechera mostrará una superioridad de la alzada a la cruz sobre la longitud del cuerpo, tal y como lo señalan Gutiérrez *et al*. (2017) para la raza Alpina Francesa (114.6). Otro estudio muestra que las cabras Boer de Etiopía presentan un IPR igual a 99.61 lo que indica un equilibrio entre ambas medidas corporales y es consistente con las razas doble propósito (Chiemela *et al*., 2016).

Resulta inusual el hecho de que la armonía morfoestructural de las cabras estudiadas fuera moderada ya que los tres hatos estudiados se han sometido a un constante proceso de selección con técnicas como la inseminación artificial y la adquisición de sementales de alto valor genético. En este sentido, Herrera (2003), indica que la armonía morfoestructural es producto de criterios de selección atinados y su ausencia indica que estos fueron poco acertados, que no los hubo o que los criadores no los supieron interpretar. Llama la atención que la armonía de este hato es cercana a la encontrada en un hato de cabras Alpinas Francesas en el cual, también ha existido un proceso continuo de selección (Gutiérrez *et al*., 2017), en

tanto que las cabras mestizas del norte de Colima, criadas sin seguir ningún criterio de selección mostraron un modelo altamente armónico con un 100% de sus medidas corporales correlacionadas positiva y significativamente (Abarca-Vargas *et al*., 2020). Lo anterior pudiera ser reflejo de una selección dirigida por el productor sólo hacia las medidas corporales relacionadas con la producción de carne (perímetro torácico, longitud corporal, perímetro de caña) o leche (anchura, longitud y ángulo de caída de grupa) y en la que se deja de lado las de poco interés zootécnico.

En conclusión, las cabras Boer del estado de Colima constituyen una población homogénea con un modelo morfoestructural medianamente armónico las cuales, de acuerdo con sus índices raciales son dolicocéfalas y poseen un cuerpo mediolíneo, un tórax elíptico y una grupa convexilínea en tanto que, de acuerdo con sus índices funcionales presentan una aptitud zootécnica con una marcada orientación hacia la producción de carne, la cual puede ser mejorada con un incremento del IPT y el IRT a través de una selección dirigida a aumentar la anchura de la grupa y la profundidad del pecho de las cabras respectivamente, manteniendo estable su alzada a la cruz.

LITERATURA CITADA

Abarca-Vargas, D., Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Valencia-Posadas, M., Ayala-Valdovinos, M.A., Hernández-Rivera, J.A. 2020. Análisis de la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México. Rev Inv Vet Perú. 31(3):1-13.

Abd-Allah, S., Salman, F.M., Shoukry, M.M., Abd- El Rahman, H.H., Mohamed, M.I., Abedo, A.A. 2019. Study of some morphological characteristics of Boer goat raised in Egypt. Adv Anim Vet Sci. 7(10):888-897.

Bravo, S., Sepúlveda, N. 2010. Índices zoométricos en ovejas criollas Araucanas. Int J Morphol. 28(2):489-495.

Chiemela, P.N., Sandip, B., Mestawet, T.A., Egbu, C.F., Ugbo, E.H., Akpolu, E.S., Umanah, I.J. 2016. Structural indices of Boer, Central Highland and their F1 crossbred goats reared at Ataye farm, Ethiopia. J Agric Res. 2(2):1-19.

Gutiérrez, P., Herrera, A., Romero, A., Rivas, M., Macedo, R., Prado, O. 2017. Estudio de la morfología de cabras Alpinas Francesas primalas y su uso como predictor de la producción de leche. AICA. 9(1):109-116.

Herrera M. 2003. Criterios etnozootécnicos para la definición de poblaciones animales. En: Libro de Actas del V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales y III Congreso Ibérico de la Sociedad Portuguesa de Recursos Genéticos Animales. INIA. Madrid, España. pp. 41-48.

Herrera, M., Luque, M. 2009. Valoración morfológica en el ganado caprino extensivo de carne. En Sañudo AC editor. Valoración Morfológica de los Animales Domésticos. 1ra ed. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp. 399-430.

Hirakawa, M., Arasaki, Y., Sunagawa, K., Shinjo, A. 2007. The season of delivery, litter size and body measurement in Boer goats. Nihon Chikusan Gakkaiho. 78(1):15-20.

Macedo-Barragán, R.J., Abarca-Vargas, D., Arredondo-Ruiz, V., Hernández-Rivera, J.A. 2019. Caracterización de la cabra criolla en la sub-provincia Volcanes de Colima y su sistema de producción. Arch Zootec. 68(263):332-341.

Malan, S.W. 2000. The improved Boer goat. Small Rumin Res. 36:165-170.

Martínez-Rojero, R.D., Reyna-Santamaría, L., Carrillo-Pita, S. 2014. Comportamiento productivo de cabritos Boer x Criollo, Nubio x Criollo y Criollos (local), mantenidos bajo condiciones extensivas de trópico seco del sur de México. Livest Res Rural Dev. 26(9):Article #161.

Merlos-Brito, M.I., Martínez-Rojero, R.D., Torres-Hernández, G., Mastache-Lagunas, A.A., Gallegos-Sánchez, J. 2008. Evaluación de características productivas en cabritos Boer × local, Nubia × local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. Vet Mex. 39:323-333.

Meza, H.C.A., Medina, R.J.M., Gómez, G.A. 2008. Crecimiento pre y posdestete en cabras Boer x Boer y Boer x Nubia en el altiplano mexicano. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 7:125-132.

Mokoena, K., Tyasi, T.L. 2021. Morphological structure of South African Boer goats explained by principal component analysis. Veterinaria. 70(3):325-334.

Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. México: Diario Oficial de la Federación, 23 de marzo 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. México: Diario Oficial de la Federación, 22 de agosto de 2001.

Parés, C.P. 2009. Zoometría. En Sañudo AC editor. Valoración Morfológica de los Animales Domésticos. 1ra ed. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp.171-196.

Salako, A.E. 2006. Application of morphological indices in the assessment of type and function in sheep. Int J Morphol. 24(1):13-18.

SIAP. Caprino. Población Ganadera. 2021. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744952/Inventario_2021_caprino.pdf

SIAP. Colima. Avance mensual de la producción pecuaria. 2020. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp

Sierra, I. 2009. Importancia de la morfología y su valoración en los animales domésticos. En Sañudo AC editor. Valoración Morfológica de los Animales Domésticos. 1ra ed. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. pp. 19-48.

EFECTO DE EXTRACTO *YUCCA SCHIDIGERA* EN PROTEÍNA, FIBRA Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE MICROENSILAJES DE PASTO MARALFALFA

[*]Zúñiga, S.A., Salinas, Ch.J., Barrios, G.H.B., Anderson, R.C., Hume, M.E., Vázquez, V.J., Infante, R.F., Ruiz, A.M.

Resumen

Se estudió la influencia del extracto de *Yucca schidigera* (EYS) en el contenido de Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Ácida (FDA) y Digestibilidad *in vitro* de Materia Seca (DIVMS) de microensilajes de pasto Maralfalfa (*Cenchrus* sp.) adicionados con grano de sorgo, soca de sorgo y urea. El pasto Maralfalfa se cultivó con riego rodado y se cosechó para la elaboración de los silos a los 90 días de crecimiento. Para la elaboración de los ensilajes, el forraje se recolectó de forma manual y se picó a un tamaño de 2 cm en una trituradora mecánica. El forraje se mezcló con el grano de sorgo molido, la soca de sorgo y la urea. En base seca, los ensilajes contenían 82.7% de Maralfalfa (*Cenchrus sp*), 13.1% de grano molido de sorgo, 2.9% de soca de sorgo y 1.4% de urea. Los ensilajes se realizaron en recipientes de plástico de 4 L con tapadera; se usó una prensa manual para compactar el ensilado. Se realizaron 4 tratamientos con 4 réplicas, T1 (control sin EYS), T2 (50 ppm EYS); T3 (100 ppm YSE); y T4 (150 ppm de EYS); los silos se conservaron a temperatura ambiente, protegidos del sol y humedad por 30 días hasta su análisis. Al momento de realizar el ensilado se realizaron en el pasto las determinaciones de PC (8.3%), FDA (46.1%), y DIVMS (44.3%). El promedio en los ensilajes (30 días) en contenido de PC fue de 11.8%, FDA 43.1%, y DIVMD 62.9%. De los ensilajes tratados con EYS también se realizaron las mismas determinaciones (PC, FDA y DIVMS). El contenido de PC y FDA no fue influenciado (P=0.08) por el nivel de EYS en los ensilajes. Se observó que en los ensilajes con tratamiento se redujo la DIVMS conforme aumentaban la dosis de EYS (P=0.03). La DIVMS fue más alta en el tratamiento control (T1) y más baja en el tratamiento con 150 ppm de EYS (T4). Los tratamientos con 50 ppm (T2) y 100 ppm (T3) de EYS no mostraron diferencia estadística (P>0.05) entre sí, ni con otros tratamientos. Se concluye que el ensilaje puede ser una alternativa de preservación del pasto Maralfalfa. El EYS aplicado al momento de ensilar no influyó en la concentración de PC o FDA, sin embargo, el EYS disminuye la DIVMS de los ensilajes.

Introducción

Las zonas tropicales tienen una gran ventaja por su capacidad para producir forrajes, aspecto que debe ser aprovechado por los productores para elevar la rentabilidad y competitividad de la ganadería tropical. Considerando lo anterior, el uso del pasto Maralfalfa en la alimentación del ganado es una alternativa debido a sus características como pasto de corte, y puede alcanzar un nivel de proteína que va desde 18 hasta un 20% (Cifuentes *et al*., 2012); adicionalmente, su adaptabilidad a terrenos en diferentes condiciones lo convierte en una opción en donde las unidades de producción basan la alimentación con forrajes. La calidad del forraje y rendimiento de materia seca de Maralfalfa, está relacionado con el tiempo de cosecha (Ramos-Santana, *et al*., 2014). En este sentido, en el estudio conducido por Muñoz-González *et al*., (2016) se demostró que en la época de lluvia los forrajes exhibieron 82 y 121% más de altura; además de 30 y 115% más peso seco acumulado en comparación con las épocas de nortes y secas, respectivamente. Sin embargo, debido a la abundancia, no todo el forraje es aprovechado, el cual permanece en el campo, lo que genera disminución en su valor nutritivo a medida que avanza la madurez de la planta. Por lo anterior, se vuelve necesario optar por alternativas de conservación del forraje, como el ensilaje, el cuál es un método de conservación que consiste en la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje a partir de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas (Garcés, *et al*., 2004). El ensilaje permite almacenar forraje con mínima pérdida en su calidad nutritiva, a menor costo. En el proceso de ensilado se presentan 4 fases: aeróbica, fermentación, estabilización y utilización (Garcés, *et al*., 2004). El forraje puede ser cortado o almacenado cuando el valor nutritivo en las plantas

[*] *Aracely Zúñiga Serrano. Km 5.5 Carretera Cd. Victoria a Carretera Cd. Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.P. 87000. azuniga2000@outlook.com, Tel. 871 188 9666,

esté en los valores más altos, a diferencia del henificado (Prospero-Bernal, *et al*., 2017). Debido a lo complejo del proceso, se producen pérdidas de nutrientes valiosos como carbohidratos solubles, proteína verdadera, entre otros componentes. Por ello, se busca obtener material ensilado cuya calidad se asemeje lo más posible al cultivo antes de ser procesado. Cuanto menos tiempo transcurra para la eliminación del oxígeno (4 a 6 h) menor será la pérdida de carbohidratos solubles (CHOS) y la producción de calor (Garcés *et al*., 2004). Cuando las condiciones del manejo del ensilado son inadecuadas, como picado del cultivo demasiado seco, baja compactación, picado largo, llenado lento, no sellado del silaje, etc., la fase aeróbica puede durar más de lo indicado ocasionando pérdidas de azúcares y deterioro en la calidad del ensilaje (Fernández, 2007).

Es difícil obtener ensilajes de buena calidad de pasto Maralfalfa debido a su bajo contenido de carbohidratos no estructurales, así como al alto contenido de agua. Para mejorar las características de fermentación de ensilajes de pasto elefante se utilizan aditivos como los inoculantes de microorganismos y de enzimas fibrolíticas (Muck *et al.,* 2018). También se ha observado que los granos de cereales y subproductos de la industria alimenticia además de mejorar las características de fermentación también reducen las pérdidas de nutrientes en los efluentes causadas por lixiviación (Menezes *et al.,* 2016; Bezerra et al., 2019).

La planta de *Yucca schidigera* (*Yucca* de mojave) pertenece a la familia Agavaceae y crece en los desiertos del Sur Oeste de Estados Unidos De Norteamérica y en la Región de Baja California de México (Katsunuma *et al*., 2000). Las especies *Yucca schidigera* pertenecen a la familia Agavaceae y han sido muy importantes para los pobladores de México desde tiempos ancestrales y se mantienen como una opción productiva interesante en diversas zonas áridas y semiáridas del país. La familia Agavaceae comprende 18 géneros y 600 especies propias de esas zonas (López-Alonzo *et al*., 2010). Los extractos de la planta de *Yucca schidigera* han sido utilizados por muchos años en la producción de alimentos, alimento para ganado y cosméticos (Wallace, *et al*., 1994), además se ha descrito que posee saponinas y polifenoles con una actividad antimicrobiana contra levaduras y dermatofitos, así como propiedades antibacterianas y antiprotozoarias (Hata, *et al*., 2003). Los principales efectos biológicos de *Y. schidigera* están asociados con la fracción esteroidal de las saponinas (Cheeke*,* 1996; Oleszek*, et al.,* 2001; Piacente, *et al*., 2005*;* Patra*, et al., 2009;* Njagi, *et al.,* 2017*)*, las cuales atrapan el nitrógeno amoniacal, reduciendo el olor y las emisiones de amoníaco en las producciones porcina y avícola (Windisch, *et al.,* 2008; Biagi*, et al.,* 2010; Matusiak*, et al.,* 2016). Los EYS no han mostrado acción negativa contra bacterias productoras de ácido láctico y que podrían ser benéficas (Matusiak, *et al.,* 2016). Hasta donde nosotros sabemos no hay reporte previo de los EYS en ensilajes de pasto Maralfalfa. Considerando lo antes descrito, el objetivo de la presente investigación es identificar la influencia del extracto de *Yucca schidigera* en proteína, FDA, y digestibilidad *in vitro* de microensilajes de pasto Maralfalfa.

Material y Métodos

Cultivo de Maralfalfa.

El pasto se cultivó en las instalaciones pecuarias de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia “Dr. Norberto Treviño Zapata” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en las coordenadas 23°44’06’’ latitud norte y a los 99°07’51’’ latitud oeste, a una altura de 340 msnm, con una temperatura media anual de 25°C, precipitación media anual de 900 mm y con clima semi seco a semi cálido (SMN). Durante el mes de diciembre del 2021 el pasto se sembró en surcos con 80 cm de espaciado y se cubrió un área de 0.8 hectáreas. Se realizó riego rodado; y durante la última semana del mes de marzo de 2022 se realizó el corte para la elaboración de los silos.

Ensilaje

El forraje se recolectó de forma manual, se utilizó un machete recto marca Surtek de 14; posterior al corte, el forraje se picó en una trituradora marca SWISSMEX® modelo 610350, a un tamaño aproximado de partícula de 2 cm. Se realizaron los cálculos en base seca, y contenían 82.7% de Maralfalfa 13.1% grano molido de sorgo, 2.9% soca de sorgo y 1.4% de urea. Todos los ingredientes fueron mezclados y compactados con una prensa manual para asegurar las características de anaerobiosis del ensilado. Los ensilajes se realizaron en recipientes de plástico con tapadera, con capacidad de 4 L.

Tratamientos del ensilaje

Se realizaron 4 tratamientos, donde T1: control sin EYS; T2: 50 ppm de EYS; T3: 100 ppm de EYS; y T4: 150 ppm de EYS. Con 4 réplicas para cada tratamiento. Los silos se conservaron a temperatura ambiente en un cuarto protegidos del sol y la lluvia durante 30 días hasta su análisis.

Análisis proximal
Los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila. Se consideraron 3 determinaciones: 1) proteína cruda (AOAC, 1980), 2) Fibra Ácido Detergente (FDA) de acuerdo con la metodología propuesta por Van Soest (1963); y 3) digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS), la cual se determinó según el método de Tilley y Terry (1963).

Para evaluar estadísticamente las variables, se utilizó un diseño completamente al azar con los 4 tratamientos o niveles de EYS, considerando 4 repeticiones en cada tratamiento. En aquellas variables en que el análisis de varianza mostró significancia estadística se le realizó la prueba de medias de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS.

Resultados

El pasto Maralfalfa, al momento de ensilar mostró un contenido de PC de 8.3%; FDA de 46.1%, y DIVMS de 44.3%. Mientras que en el promedio en los ensilajes de los tratamientos el contenido de PC fue de 11.8%, FDA de 43.1%, y DIVMS de 62.9%. Se realizaron determinaciones sobre el valor nutricional (PC, FDA y DIVMS,) de ensilajes tratados con EYS, los resultados se muestran en el cuadro 1. El contenido de PC no fue influenciado (P=0.08) por el nivel de EYS en los ensilajes, el valor más bajo fue en el tratamiento control (T1) con 10.8% de PC y el más alto fue en el tratamiento con 50 ppm de EYS con un valor de 13% de PC. El contenido de FDA no fue influenciado (P=0.08) por el nivel de EYS en los ensilajes, el valor más bajo fue en el tratamiento control (T1) con 41.2% de FDA y el más alto fue en el tratamiento con 50 ppm de EYS con un valor de 45% de FDA. Se observó que en los ensilajes con tratamiento se redujo la DIVMS conforme aumentaban la dosis de EYS (P=0.03). La DIVMS fue más alta en el tratamiento control (T1) y más baja en el tratamiento con 150 ppm de EYS (T4). Los tratamientos con 50 ppm (T2) y 100 ppm (T3) de EYS no mostraron diferencia estadística (P>0.05) entre sí ni con otros tratamientos.

Discusión y Conclusiones

En el presente estudio se observó un mayor contenido de proteína cruda en los ensilajes, en comparación con el pasto Maralfalfa. Esto se debió a la adición de grano de sorgo y urea al pasto Maralfalfa al momento de preparar los ensilajes. Este aumento en el contenido de proteína cruda también fue observado en otros estudios, en los cuales se adicionaron otros ingredientes al pasto al momento de ensilar. Zanine, *et al*., (2006) adicionaron harina de trigo, Ortiz-Robledo, *et al*. (2017) y Bezerra, *et al*., (2019) adicionaron maíz molido a ensilajes de pasto Maralfalfa y observaron un incremento en el contenido de proteína. En otros estudios, la urea también ha incrementado el contenido de proteína cruda en ensilajes de pasto elefante (Costa, *et al*., 2020). En el presente estudio se observó mayor contenido de fibra en el pasto en comparación con los ensilajes; este efecto se podría esperar ya que el contenido fibroso es menor en los granos en comparación con el pasto Maralfalfa.

Cuadro 1. Influencia del nivel de Extracto de *Yucca Schidigera* (EYS) en ensilajes de pasto Maralfalfa (*Cenchrus sp*) sobre variables de valor nutritivo

	Extracto de *Yucca Schidigera*		

Determinación	0 ppm (T1)	50 ppm (T2)	100 ppm (T3)	150 ppm (T4)	EEM	Probabilidad
Proteína cruda (%)	10.8	13.0	11.8	11.8	0.52	0.08
Fibra detergente ácida (%)	41.2	45.0	42.3	44.0	1.00	0.08
DIVMS (%)	65.4a	64.2ab	63.6ab	58.4b	1.48	0.03

Letras diferentes (a, b) en la misma fila, indican diferencia estadística entre tratamientos
DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de materia seca
EEM= error estándar de la media

La DIVMS del pasto sin ensilar fue menor a la observada por los ensilajes. Este efecto se debe a la inclusión de grano de sorgo, así como de urea en los ensilajes. Costa *et al*. (2020) observaron una mayor degradabilidad ruminal de materia seca y de proteína cruda con la inclusión de urea en ensilajes de pasto elefante y hojas de una leguminosa tropical (*Parkia platycephala*). En estudio preliminar, Yokota *et al*. (1992) en ensilajes de pasto elefante adicionado con melaza encontraron una digestibilidad de materia seca de 65%; lo cual se aproxima a lo reportado en este estudio con valor de 65% en el control, mientras que en el tratamiento con 150 ppm de EYS la digestibilidad de materia seca de los ensilajes fue de 58.4%. En el estudio de Yokota *et al*. (1992) se observó mayor digestibilidad en ensilajes de pasto elefante que en el heno de pasto fleo (Timothy grass); con valores de 65% y 54.5%. En otra investigación, Ortiz-Robledo *et al*. (2017) reportó un incremento en la digestibilidad de la materia seca en ensilajes de pasto Maralfalfa adicionado con un 15% de maíz molido, alcanzando un valor máximo de 84.7%.

En lo referente al efecto de adición de EYS sobre el contenido de proteína cruda, fibra detergente ácida, y en la DIVMS; no se tiene conocimiento previo de estudios similares por lo que es difícil establecer efectos directos en los ensilajes. El principal uso del EYS es como surfactantes para mejorar la calidad del grano de cereal procesado en hojuelas al vapor o rolado al vapor (Zinn *et al*., 2008) y de igual manera, en aves y cerdos se usa para reducir los gases contaminantes y olores indeseables. En aves se ha demostrado la capacidad para reducir la producción de gases como amoniaco y sulfuro de hidrógeno, los cuales se producen a partir de la descomposición microbiana de las excretas (Matusiak *et al*., 2016). Los EYS contienen como principio activo una fracción esteroidal identificada como saponina, las cuales en los microorganismos disuelven la membrana citoplasmática, produciendo la lisis y pérdida de viabilidad (Killeen *et al*., 1998). Tal como expone Zúñiga-Serrano *et al.* (2022) los EYS se usan en los alimentos para animales con múltiples beneficios, ya que actúa contra microorganismos dañinos tales como nemátodos, protozoarios y bacterias (principalmente Gram positivas) así como contra algunas levaduras. Una posible ventaja de los EYS es que no ha exhibido efecto contra bacterias productoras de ácido láctico y que son potencialmente benéficas (Matusiak *et al*. 2016). En animales rumiantes, los EYS disminuyen la producción de metano y amoniaco ruminal, así como el nitrógeno en heces y orina. Los EYS reducen las poblaciones de algunas bacterias celulolíticas y amilolíticas, así como también de hongos, protozoarios y de los microrganismos metanogénicos (Zúñiga-Serrano *et al*., 2022). Para el presente estudio la disminución en la DIVMS con la aplicación de EYS en los ensilajes probablemente se debió al efecto del EYS sobre microorganismos que se desarrollan durante el proceso de fermentación del ensilaje, así como en aquellos que se desarrollan durante la fermentación en rumen.

En el presente estudio se concluye que el ensilaje puede ser una alternativa de preservación del pasto Maralfalfa. El extracto de *Yucca schidigera* aplicado al momento de ensilar no influye estadísticamente en la concentración de proteína cruda o fibra detergente neutro, sin embargo, el EYS disminuye la digestibilidad *in vitro* de materia seca de los ensilajes.

Literatura citada

AOAC, 1980. Official methods of analysis. 13th Ed. Washington D.C

Bezerra, H.F.C., Santos, E.M., Oliveira, J.S., Carvalho, G.G.P., Pinho, R.M.A., Silva, T.C., Pereira, G.A., Cassuce, M.R. and Zanine, A.M. 2019. Fermentation characteristics and chemical composition of

elephant grass silage with ground maize and fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria. *South African Journal of Animal Science*, 49 (3): 522-533.

Biagi, G., Cipollini, I., Paulicks, B.R., Roth, F.X. 2010. Effect of tannins on growth performance and intestinal ecosystem in weaned piglets. *Arch. Anim. Nutr*. 64, 121–135.

Cifuentes, l. C., Coutiño, B. D., Zebadúa, M. Á. O., Cruz, A. M., Muñoz, B. S., de, C., y Toral, j. N. 2012. Evaluación nutricional de maralfalfa (Pennisetum spp) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. *Quehacer Científico Chiapas*, *1*, 19-23.

Costa, L.A., de Araujo, M.J., Edvan, R.L., Bezerra, L.R., de Sousa, A.R., Viana, F.J.C. and Dias-Silva, T.P. 2020. Chemical composition, fermentative characteristics, and in situ ruminal degradability of elephant grass silage containing Parkia platycephalapod meal and urea. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (6): 3481-3492.

Cheeke, P.R. 1996. Biological Effects of Feed and Forage Saponins and Their Impacts on Animal Production. *In Saponins Used in Food and Agriculture*, 1st ed.; Waller, G.R., Yamasaki, K., Eds.; Springer: Boston, MA, USA; pp. 377–385

Fernández, A. 2007. El silaje y los procesos fermentativos. *Albéitar: publicación veterinaria independiente.*

Garcés, M.A.M., Berrio, R.L., Ruíz, A.S., Serna de León, J.G., Builes, A.A.F. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación.* 1: 66-71.

Hata, Y., Reguero, M., Arteaga de García, L., Buitrago, G. y Álvarez, A. 2003. Evaluación del contenido de sapogeninas en variedades nativas de ñame (dioscorea spp.), Provenientes de la colección de la universidad de córdoba. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas.*

Katsunuma, Y., Nakamura, Y., Toyoda, A. y Minato, H. 2000. Efecto del extracto de Yucca shidigera y las saponinas sobre el crecimiento de bacterias aisladas del tracto intestinal animal. *Nihon Chikusan Gakkaiho*. 71 (2), *164-170.*

Killeen, G.F., Connolly, C.R., Walsh, G.A., Duffy, C.F., Headon, D.R., Power, R.F. 1998. The effects of dietary supplementation with Yucca schidigera extract or fractions thereof on nitrogen metabolism and gastrointestinal fermentation processes in the rat. *J. Sci. Food Agric*. 76, 91–99.

López-Alonzo, C.V., Martínez-Villavicencio, N., Basurto-Sotelo, M., y Pérez-Leal, R. 2010. Los compuestos esteroidales o saponinas en la palma del desierto (Yucca schidigera) y sus aplicaciones. *Síntesis*. (55), *16-18.*

Matusiak, K., Oleksy, M., Borowski, S., Nowak, A., Korczynski, M., Dobrzanski, Z., Gutarowska, B. 2016. The use of Yucca schidigera and microbial preparation for poultry manure deodorization and hygienization. *J. Environ. Manag.* 170, 50–59.

Menezes, D.R., Barbosa, A.L., Rodrigues, R.T.S., Lista, F.N., Nascimento, T.V.C., Moraes, S.A., Queiroz, M.A.A. and Busato, K.C. 2016. In vitro gas production and degradation kinetics of elephant grass silage with dried tamarind residue. Journal of Animal and Feed Sciences, 25(3): 259-265.

Muck, R.E., Nadeau, E.M.G., McAllister, T.A., Contreras-Govea, F.E., Santos, M.C. and Kung Jr, L. 2018. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. Journal of Dairy Science, 101(5): 3980-4000.

Njagi, G.W., Lee, S., Won, S., Hong, J., Hamidoghli, A., Bai, S.C. 2017. Effects of dietary Yucca meal on growth, haematology, nonspecific immune responses and disease resistance of juvenile Nile tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758). *Aquac. Res.* 48, 4399–4408.

Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Lara-Bueno, A., Rangel S., Raymundo, y Rosa-Arana, J. L. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe16), 3329-3341. Recuperado en 26 de marzo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203329&lng=es&tlng=es.

Oleszek, W., Sitek, M., Stochmal, A., Piacente, S., Pizza, A.C., Cheeke, P. 2001. Resveratrol and other phenolics from the bark of Yucca schidigera Roezl. *J. Agric. Food Chem.* 49, 747–752.

Ortiz-Robledo, F., Reyes-Estrada, O., Carrete-Carreón, F.O., Sánchez-Arroyo, J.F., Herrera-Torres, E., Murillo-Ortiz, M. and Rosales Serna, R. 2017. Nutritional and fermentative quality of maralfalfa (Pennisetum sp.) silages at different cutting ages and ground corn levels*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias,* 49(2): 345-342.

Piacente, S., Pizza, C., Oleszek, W. 2005. Saponins and phenolics of Yucca schidigera Roezl: Chemistry and bioactivity. *Phytochem. Rev.* 4, 177–190.

Patra, A.K., Saxena, J. 2009. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutr. Res. Rev*. 22, 204–219.

Prospero-Bernal F., Martínez-García CG., Olea-Pérez R., López-González F. y Arriaga-Jordán CM. 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the susteinability of smallsacale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production,* 49(7), *1537-1544.*

Ramos-Santana, R., Quijano-Cabrera, Y., and Macchiavelli, R. 2014. Evaluación del rendimiento y la calidad del forraje Maralfalfa en tres vaquerías del norte de Puerto Rico en la época de días largos.

Sow, I. 1987. Ensilajes de residuos de cosecha de la caña de azúcar previamente mezclados con NaOH, NH4 OH, Urea. *Tesis Dr. Cs. Universidad Central de Las Villas. Cuba*

Tilley, J. M. A., and Terry, D. R. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, *18* (2), 104-111.

Van Soest, P. J. 1963. Use of detergents i~ the analysis of fibrous feeds. II. h rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Ass. Agr. Chem*., 46: 829.

Wallace, R. J., Arthaud, L., and Newbold, C. J. 1994. Influence of Yucca shidigera extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. *Applied and environmental microbiology*, *60* (6), 1762-1767.

Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., Kroismayr, A. 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *J. Anim. Sci.* 86, E140–E148.

Yokota, H., Okajima, T. and Ohshima, M. 1992. Nutritive value of napier grass (Pennisetum purpureum Schum.) silage ensiled with molasses by goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,* 5(1): 33-37.

Zanine, A.M., Santos, E.M., Ferreira, D.J., Oliveira, J.S., Almeida, J.C.C. and Pereira, O.G. 2006. Evaluation of the silage of Elephant-Grass with addition of wheat meal. *Archivos de Zootecnia,* 55(209: 75-84.

Zinn, R.A., Alverez, E.G., Montano, M., Salinas-Chavira, J. 2008. Influence of dry-rolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on its feeding value for feedlot cattle. *J. Anim. Sci*. 86, 916–922.

Zúñiga-Serrano, A., Barrios-García, H. B., Anderson, R. C., Hume, M. E., Ruiz-Albarrán, M., Bautista-Martínez, Y., Sánchez-Guerra, N. A., Vázquez-Villanueva, J., Infante-Rodríguez, F. and Salinas-Chavira, J. 2022. Antimicrobial and Digestive Effects of Yucca schidigera Extracts Related to Production and Environment Implications of Ruminant and Non-Ruminant Animals: *A Review. Agriculture*, 12(8), 1198.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MONENSINA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO EN OVINOS DE ENGORDA: UN METAANÁLISIS

Ángeles-Hernández, J.C.[1*], Sánchez-Cano D.I.[1], Zaragoza-Martínez B.L.[1], Hernández-Trapala L., Jarillo-López, M.F. [1], O.E., Vieyra-Alberto, R[1]., Guevara-Muñeton L.P.[2],

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600.
[2]Pos-graduação em ciência animal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil

RESUMEN

La monensina es un ionóforo poliéster carboxílico administrado oralmente a rumiantes para mejorar la eficiencia en el uso de energía, utilización de nitrógeno, mejorar la ganancia diaria de peso, reducir el consumo de alimento y conversión alimenticia. Diversos estudios han evaluado el efecto de la inclusión de monensina en las raciones de corderos en engorda con resultados inconsistentes. Por lo cual, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la monensina sobre el desempeño productivo de cordero en engorda a través de una revisión analítica y metaanálisis. Una revisión sistemática se llevó a cabo utilizando la siguiente pregunta PICO: “En corderos en engorda (P), ¿cuál es el efecto de la suplementación con monensina (I) sobre el desempeño productivo (O) en comparación con el grupo sin intervención (C)?”. Las variables respuesta analizadas fueron: consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), proporción molar de ácido acético, ácido butírico y ácido propiónico. El metaanálisis se realizó utilizando el paquete "Meta" en R. El tamaño del efecto se midió a través de la diferencia de media bruta (DMB) y estandarizada (DME). Los resultados revelaron que la suplementación con monensina en corderos no afecta la GDP ($p > 0.05$). Por otro lado, la monensina redujo significativamente ($p < 0.05$) el CMS en 0.077 kg/d en comparación con el grupo control. La media de la CA del grupo control fue de 5.29 kg/kg, la cual fue mayor a la reportada por el grupo suplementado con monensina (-0.55 kg/kg; $p = 0.0001$). El uso de monensina modificó los patrones de fermentación ruminal con una reducción bruta en la proporción molar de ácido acético de -2.16 ($p = 0.0005$) e incrementando el ácido propiónico (DMB = +2.61; $p = 0.0001$). La suplementación con monensina en corderos de engorda mejora significativamente la eficiencia en la utilización de nutrientes. De acuerdo con los resultados del presente metaanálisis, la mejora en la CA está asociada con la disminución en el CMS e incremento en la proporción molar de ácido propiónico en el rumen. Sin embargo, la respuesta a la monensina muestra una elevada variabilidad entre estudios, por lo cual es necesario explorar las fuentes de heterogeneidad tales como dosificación, características de la dieta basal y nivel de producción de los animales.

INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda de alimentos de origen animal determina la necesidad de generar estrategias que maximicen la productividad de las actividades pecuarias. Sin embargo, los actuales desafíos asociados con el cambio climático requieren además que estos productos sean generados en sistemas ecológicamente responsables (Ángeles-Hernández et al., 2021). Una de las principales estrategias para mejorar los sistemas de producción pecuarias es optimizar la eficiencia nutricional. En este sentido, la inclusión de aditivos nutricionales como antibióticos (ejem. ionóforos) a la dieta de rumiantes es una de las principales estrategias nutricionales desde 1950 para modificar los patrones de fermentación en el rumen he incrementar la eficiencia nutricional (Rezaei et al., 2023).

La monensina es un ionóforo poliéster carboxílico administrado oralmente a rumiantes como sal sódica. Este antibiótico, producido por *Streptomyces cinnamonensis,* inhibe selectivamente bacterias Gram

[*] *Juan Carlos Ángeles Hernández. Av. Universidad km. 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo México, 43600. juan_angeles@uaeh.edu.mx, 7721067438. Modalidad: oral. Área: Nutrición.
Autor de correspondencia: juan_angeles@uaeh.edu.mx

positivas (Duffield et al., 2008) alterando los patrones de fermentación ruminal y controlando protozoarios que causan coccidiosis (McGuffey et al., 2001). Este ionóforo ha sido utilizado para mejorar la eficiencia en el uso de energía, utilización de nitrógeno, mejorar la ganancia diaria de peso, reducir el consumo de alimento y conversión alimenticia (McGuffey et al., 2001). Además, la monensina se ha utilizado como una estrategia para la reducción de las emisiones de metano entérico (Appuhamy et al., 2013). Diversos estudios han evaluado el efecto de la inclusión de monensina en las raciones de corderos en engorda; sin embargo, los resultados son inconsistentes al evaluar el desempeño productivo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la monensina sobre el desempeño productivo de cordero en engorda a través de una revisión analítica y metaanálisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pregunta PICO

Para evaluar el efecto de la suplementación con monensina sobre el despeño productivo de corderos en engorda se desarrolló una PICO (Población (P)-Intervención (I)-Control (C)-Outcomes (O)).
P: Corderos, menores a 1 año, cualquier raza, ambos sexos, enteros y castrados.
I: Suplementación con monensina
C: Dieta basal sin monensina
O: Ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia, concentración molar de ácido acético, butírico y propiónico.
La pregunta PICO desarrollada fue: “En corderos en engorda (P), ¿cuál es el efecto de la suplementación con monensina (I) sobre el desempeño productivo (O) en comparación con el grupo sin intervención (C)?”.

Estrategia de la revisión analítica

Se realizó una búsqueda estructurada y sistematizada de artículos científicos utilizando los siguientes términos: “lamb”, “monensin”, “growth”, “fattering”, “meat”, “growth performance”, “dry matter intake”, “sheep” y “ionophore” que se combinaron mediante lógica booleana (“and”, “or”). La búsqueda de la literatura científica fue realizada por tres investigadores de manera independiente para evitar el sesgo de búsqueda utilizando las siguientes bases de datos: PubMed, Google Scholar, Scopu y PRIMO-UAEH; además de la identificación de otros estudios de la lista de referencias de los artículos revisados. Las variables respuesta analizadas en el presente metaanálisis incluyeron: consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), proporción molar de ácido acético, ácido butírico y ácido propiónico.

Procedimiento meta-analítico

El presente metaanálisis se realizó utilizando el paquete "Meta" versión 6.1-0 (Balduzzi et al. 2019) en el programa estadístico R (versión 4.0.2; R Core Team; Viena, Austria). El tamaño del efecto se midió a través de la diferencia de media bruta (DMB) y estandarizada (DME). La DME se calculó según el método propuesto por Hedges (1981) y el agrupamiento de los estudios analizados se realizó utilizando la ponderación de la varianza inversa. En el presente estudio se implementó un modelo de efectos aleatorios, que asumió que la diferencia observada entre los estudios es una combinación de probabilidad y variación genuina de los factores de intervención. La DMB se calculó para las variables respuesta que comparten las mismas unidades de medición, lo que permite la interpretación del efecto global de las variables respuesta en las unidades de medición original. Para evaluar el sesgo de publicación se realizó la prueba de Begg (Begg y Mazumdar, 1994).

Cuadro 1. Efecto de la suplementación con monensina sobre el desempeño productivo de corderos de engorda.

			Tamaño del efecto				Heterogeneidad y sesgo	
Item	n[a]	Media control (SD)	DMB	Valor *p*	DME	Valor *p*	I^2 MA[b]	Begg´s test
Ganancia diaria de peso (kg/día)	28	0.21 (0.05)	0.002	0.79	+0.23	0.33	83.5	0.32
Consumo de materia seca (kg/día)	26	1.32 (0.11)	-0.077	0.001	-1.02	0.0001	6.5	0.004
Conversión alimenticia (kg/kg)	25	5.29 (2.39)	-0.55	0.0001	-0.31	0.0001	42.3	0.11
Ácido acético (mol/100 mol tAGV)	7	62.69 (3.63)	-2.16	0.0005	-0.63	0.005	0.0	0.65
Ácido propiónico (mol/100 mol tAGV)	7	23.89 (5.2)	+2.61	0.0001	+0.85	0.0003	0.0	0.64
Ácido butírico (mol/100 mol tAGV)	7	10.86 (3.9)	-0.75	0.16	-0.33	0.17	10.4	0.12

DMB: diferencia de media bruta; DME: diferencia de media estandarizada; I^2, la proporción de la variación total de las estimaciones del tamaño del efecto que se debe a la variabilidad entre estudios; tAGV, total de ácidos grasos volátiles.
[a]Número de ensayos que compararon tratamientos con monensina y control.
[b]Heterogeneidad del modelo de efectos aleatorios (MA).

RESULTADOS

Un total de 23 artículos fueron utilizados en el presente metaanálisis. Los principales motivos de exclusión de artículos fueron la ausencia en el reporte de medidas de variabilidad (desviación estándar, error estándar o coeficiente de variación) y estudios sin un grupo control (corderos sin suplementación con monensina). Las DMB, DME, pruebas de heterogeneidad y sesgo de publicación de las variables respuesta se muestran en la tabla 1. La presente revisión meta-analítica revelo que la suplementación con monensina en corderos no afecta la GDP ($p > 0.05$). Por otro lado, la monensina redujo significativamente ($p < 0.05$) el CMS en 0.077 kg/día en comparación con el grupo control con una DME de -1.02. Sin embargo, tal como lo muestra la Figura 1, el CMS muestra una elevada variabilidad como respuesta a la suplementación con monensina con un valor de I^2 de 75.0 %, revelando que existen factores propios de cada experimento que determinan la magnitud de respuesta al factor de intervención.

La media de la CA del grupo control fue de 5.29 kg/kg, la cual fue mayor a la reportada por el grupo suplementado con monensina con una DMB de -0.55 kg/kg ($p = 0.0001$) y una DMS de -0.31 ($p = 0.0001$). La variable respuesta CA mostro una moderada heterogeneidad ($I^2 = 42.6$: $p = 0.01$) (Figura 2). El uso de monensina modificó los patrones de fermentación ruminal con una reducción bruta en la proporción molar de ácido acético de -2.16 ($p = 0.0005$) en los animales suplementados y una DMS de -0.63 ($p = 0.0003$). La suplementación con monensina no tuvo efecto significativo sobre la proporción molar de ácido butírico ($p > 0.05$). En todos los estudios analizados la proporción molar de ácido propiónico se incrementó como efecto de la suplementación con monensina (DMB = +2.61; p = 0.0001) con la mayor DME (+0.85; $p = 0.0003$) en comparación con el resto de las variables respuesta (Figura 3). La única variable respuesta que mostro evidencia de sesgo de publicación de acuerdo con la prueba de Begg fue el CMS ($p = 0.004$).

Figura 1. Diagrama de bosque del efecto de la suplementación con monensina sobre el consumo de materia seca (kg/día) en corderos de engorda

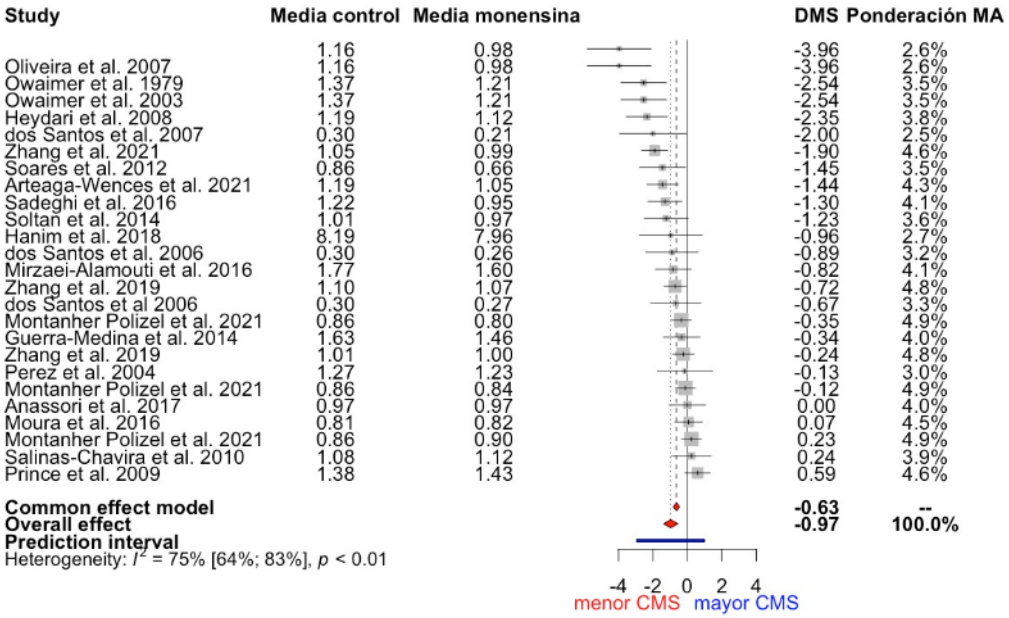
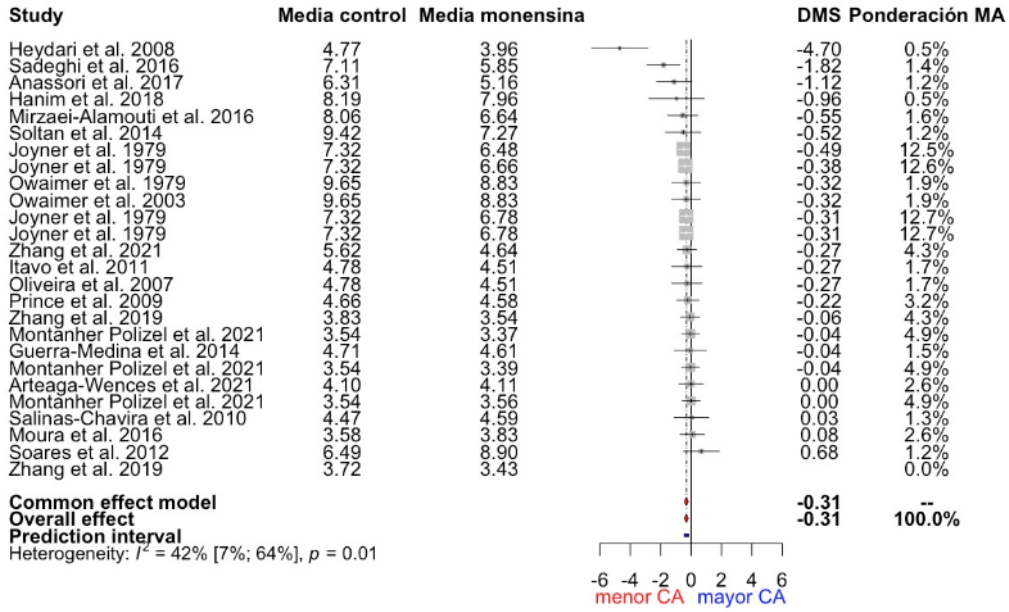


Figura 2. Diagrama de bosque del efecto de la suplementación con monensina sobre la conversión alimenticia (kg/kg) en corderos de engorda.

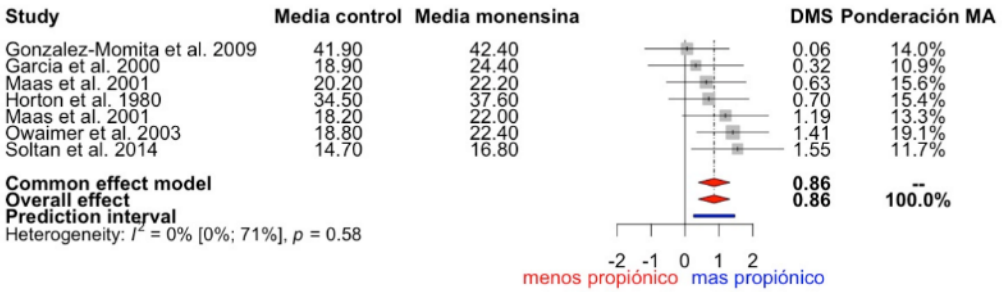


DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio revelan una disminución sobre el CMS en corderos como efecto de la suplementación con monensina. Esta reducción es explicada en parte por el aumento en la producción de ácido propiónico en animales suplementados. El ácido propiónico es producto de la fermentación de almidón por los microorganismos ruminales, para posteriormente ser absorbido y transportado al hígado como propionato (Ørskov, 1994). En este sentido, el incremento en las concentraciones plasmáticas de propionato favorece una mayor actividad glucogenogenica en el hígado reduciendo el CMS (Allen, 2020). De igual forma, el ácido propiónico es el derivado energético producto de la fermentación y digestión del

almidón con mayor actividad hipofagica (Oba y Allen, 2003). Además, Roger y Davis (1982) señalan que la monensina disminuye la tasa de pasaje a nivel ruminal, lo cual resulta en una diminución en el CMS pero con un incremento en la producción de ácidos grasos volátiles. Por tal motivo, aunque la monensina genera una disminución del CMS, el incremento de ácido propiónico y disminución en el ácido acético, acido butírico y metano reflejan una mejora en la eficiencia de fermentación ruminal asociada con el incremento en el porcentaje de hidrógeno metabólico que es recuperado para la síntesis de ácidos grasos volátiles (Chalupa, 1977).

Figura 3. Diagrama de bosque del efecto de la suplementación con monensina sobre proporción molar de ácido propiónico (%) en corderos de engorda**.**



En el consorcio ruminal se pueden distinguir dos tipos de bacterias: Gram negativas y Gram positivas; estas últimas carecen de una membrana externa en su estructura haciéndolas más susceptibles al mecanismo de acción de la monensina (Heine, 2021). La monensina actúa generando un déficit de ATP en las bacterias Gram positivas debido a la movilización continua de H hacia fuera de la bacteria (McGuffey et al., 2001). La disminución de bacterias Gram positivas estimula un incremento de la población de bacterias Gram negativas (Heine, 2021). Como se mencionó anteriormente, las bacterias Gram negativas producen ácido propiónico; la síntesis de este ácido graso volátil funciona como un sumidero de hidrógenos reduciendo el riesgo de acidificación del ambiente ruminal y la síntesis de metano entérico (Appuhamy et al., 2013). Además, el ácido propiónico es el principal precursor para síntesis de glucosa a nivel hepático en rumiantes que funcionara como fuente de energía para cubrir las necesidades de mantenimiento y crecimiento de los corderos (Allen, 2020).

Diversos estudios refieren un incremento de la GDP como resultado de la suplementación de monensina en rumiantes (Gadberry et al., 2022). Duffield y colaboradores (2012) evaluaron el efecto de la monensina en bovinos de engorda a través de un metaanálisis reportando un incremento de 0.029 kg/d en la GDP. Sin embargo, nuestros resultados señalan que la suplementación con monensina en corderos no afecta la GDP. La falta de efecto de la monensina sobre la GDP podría estar asociado con tres posibles factores. El primero seria la disminución en el CMS producto del incremento de ácido propiónico (Allen, 2020), lo cual limita la ingesta de nutrientes destinados para el crecimiento y desarrollo de los corderos. El segundo factor está relacionado con la inhibición en la degradación de la proteína a nivel ruminal por parte de la monensina (McGuffey et al., 2001). Diversos estudios refieren que la monensina reduce el crecimiento neto microbiano y la concentración de amonio debido a la acumulación de componentes nitrogenados no proteicos en el rumen (Chen y Russell, 1991). Finalmente, la variable respuesta GDP mostró una elevada heterogeneidad (I^2 = 83.5), lo cual revela que existen características propias de cada estudio analizado que determinan el nivel de respuesta a monensina. Metaanálisis previos refieren que factores como el tipo de dieta, dosificación y nivel de producción afectan la respuesta de la monensina sobre la GDP (Duffield et al., 2012; Gadberry et al., 2022). La variable CA también mostró una heterogeneidad considerable, por lo cual los resultados del presente estudio deben complementarse con aproximaciones como el análisis de sub-grupos y meta-regresión que permitan explorar las fuentes de variabilidad entre-estudios.

La reducción en el CMS sin efecto sobre la GDP determino una disminución de la conversión alimenticia en corderos suplementados con monensina. Este incremento en la eficiencia nutricional puede explicarse en parte por la reducción en la diversidad de la microbiota ruminal. La disminución en la diversidad de la microbiota ruminal en conjunto con las mayores concentraciones de propionato determinan una reducción de rutas metabólicas y el incremento de la eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes (Li et al., 2019). Además, el balance de la fermentación ruminal requiere que un incremento en la producción de ácido

propiónico sea acompañado con una disminución en la producción de metano entérico. Redireccionar el hidrógeno hacia productos finales diferentes al metano hace más eficiente la captura de la energía digestible derivada de la fermentación de la materia orgánica de los alimentos (McGuffey et al., 2001).

En conclusión, la suplementación con monensina en corderos de engorda mejora significativamente la eficiencia en la utilización de nutrientes. De acuerdo con los resultados del presente metaanálisis, la mejora en la CA está asociada con la disminución en el CMS e incremento en la proporción molar de ácido propiónico en el rumen. Sin embargo, la respuesta a monensina muestra una elevada variabilidad entre estudios, por lo cual es necesario explorar las fuentes de heterogeneidad tales como dosificación, características de la dieta basal y nivel de producción de los animales.

AGRADECIMIENTOS

Guevara-Muñeton L.P agradece al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq) por el apoyo para realizar sus estudios de doctorado y al Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nivel superior (CAPES) por el soporte para efectuar la estancia de investigación en el Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo bajo la supervicion del Dr.Juan Carlos Ángeles Hernández..

LITERATURA CITADA

- Allen, M. S. (2020). Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: integration of homeostasis and homeorhesis. *Animal*, *14*(S1), s55-s64.
- Anassori, E., Dalir-Naghadeh, B., Valizadeh-Keshmeshtappeh, M., & Jafari, S. (2017). A comparative study on the efficacy of Garlicon and monensin supplementation on blood metabolites and performance of fattening lambs. Livestock Science, 199, 74-78.
- Angeles-Hernandez, J. C., Miranda, M., Muñoz-Benitez, A. L., Vieyra-Alberto, R., Morales-Aguilar, N., Paz, E. A., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Zinc supplementation improves growth performance in small ruminants: A systematic review and meta-regression analysis. *Animal Production Science*, *61*(7), 621-629.
- Appuhamy, J. R. N., Strathe, A. B., Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., Dijkstra, J., France, J., & Kebreab, E. (2013). Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, *96*(8), 5161-5173.
- Arteaga-Wences, Y. J., Estrada-Angulo, A., Ríos-Rincón, F. G., Castro-Pérez, B. I., Mendoza-Cortéz, D. A., Manriquez-Núñez, O. M., ... & Plascencia, A. (2021). The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. Small Ruminant Research, 205, 106557.
- Balduzzi S, Rücker G, Schwarzer G (2019), How to perform a meta-analysis with R: a practical tutorial, Evidence-Based Mental Health; 22: 153-160
- Begg, C.B., Mazumdar, M., 1994. Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias. Biometrics 50, 1088–1101.
- Chalupa, W. (1977). Manipulating rumen fermentation. *Journal of Animal Science*, *45*(3), 585-599.
- Chen, G. J., & Russell, J. B. (1991). Effect of monensin and a protonophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms in vitro. *Journal of Animal Science*, *69*(5), 2196-2203.
- dos Santos Araújo, J., Mesquita, E. E., Tsuzuki, N., de Oliveira, V., Neres, M. A., Braga, G. C., ... & Valle, L. C. Avaliação da monensina sódica no desempenho de cordeiros suplementados a pasto.
- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, *90*(12), 4583-4592.
- Duffield, T. F., Rabiee, A. R., & Lean, I. J. (2008). A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. *Journal of Dairy Science*, *91*(4), 1347-1360.
- El-Sheikh, H., Sayed, H. A., Mohamed, K. I., Idris, A. A., & Zeden, A. H. (2018). Comparative efficacy of Ziziphus spina-christi leaves or monensin on growing lambs performance. Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences, 13(1), 1-14.

- Gadberry, S., Lalman, D., White, F., Linneen, S., & Beck, P. (2022). Meta-analysis of the effects of monensin on growth and bloat of cattle on pasture. *Translational Animal Science*, *6*(2), txac031.
- Guerra-Medina, C. E., Medina-Torres, L. G., Montañez-Valdez, O. D., Pérez-Sato, M., & de Coss, A. L. (2014). Growth Performance of Growing Lambs Fed on Pine (Pinnus patula) Sawdust as Basal Diet Supplemented with Monensin Sodium. Animal Nutrition and Feed Technology, 14(1), 153-159.
- Hedges LV (1981) Distribution theory for glass's estimator of effect size and related estimators. Journal of Educational Statistics 6, 107–128. doi:10.3102/10769986006002107
- Heine, M. A. (2021). *A Review of the Role of Cattle in the Carbon Cycle and Monensin: A Meta-Analysis* (Doctoral dissertation).
- Heydari, K. H., Dabiri, N., Fayazi, J., & Roshanfekr, H. (2008). Effect of ionophores monensin and lasalocid on performance and carcass characteristics in fattening Arabi lambs. Pakistan Journal of Nutrition, 7(1), 81-84.
- Ítavo, C. C. B. F., Morais, M. G., Costa, C., Ítavo, L. C. V., Franco, G. L., Da Silva, J. A., & Reis, F. A. (2011). Addition of propolis or monensin in the diet: Behavior and productivity of lambs in feedlot. Animal Feed Science and Technology, 165(3-4), 161-166.
- Li, F., Li, C., Chen, Y., Liu, J., Zhang, C., Irving, B., ... & Guan, L. L. (2019). Host genetics influence the rumen microbiota and heritable rumen microbial features associate with feed efficiency in cattle. *Microbiome*, *7*, 1-17.
- McGuffey, R. K., Richardson, L. F., & Wilkinson, J. I. D. (2001). Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science*, *84*, E194-E203.
- Mirzaei-Alamouti, H., Moradi, S., Shahalizadeh, Z., Razavian, M., Amanlou, H., Harkinezhad, T., ... & Aschenbach, J. R. (2016). Both monensin and plant extract alter ruminal fermentation in sheep but only monensin affects the expression of genes involved in acid-base transport of the ruminal epithelium. Animal Feed Science and Technology, 219, 132-143.
- Moura, L. V., Oliveira, E. R., Fernandes, A. R. M., Gabriel, A. M. A., Silva, L. H. X., Takiya, C. S., ... & Gandra, J. R. (2017). Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (Copaifera spp.) essential oil. Animal Feed Science and Technology, 232, 110-118.
- Oba, M., & Allen, M. S. (2003). Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. *The Journal of nutrition*, *133*(4), c-1099.
- Ørskov, E. R. (1994). Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. Livestock Production Science, 39(1), 53–60. doi:10.1016/0301-6226(94)90153-8
- Owaimer, A. N., Kraidees, M. S., Al-Saiady, M., Zahran, S., & Abouheif, M. A. (2003). Effects of feeding monensin in combination with zeranol implants on performance, carcass traits and nutrient digestibility of growing lambs. Asian-australasian journal of animal sciences, 16(9), 1274-1279
- Owaimer, A. N., Kraidees, M. S., Al-Saiady, M., Zahran, S., & Abouheif, M. A. (2003). Effects of feeding monensin in combination with zeranol implants on performance, carcass traits and nutrient digestibility of growing lambs. Asian-australasian journal of animal sciences, 16(9), 1274-1279.
- Pérez, F. X. P., Velasco, R. R., Contreras, L. M. M., Bueno, A. L., Ibañez, E. A., & Martínez, G. D. M. (2004). Un cultivo de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y la monensina sódica en el comportamiento productivo de ovinos. Veterinaria completa.
- Polizel, D. M., Martins, A. S., Miszura, A. A., Ferraz Júnior, M. V. D. C., Bertoloni, A. V., Oliveira, G. B., ... & Pires, A. V. (2020). Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. Scientia Agricola, 78.
- Price, M. M., Einkamerer, O. B., De Witt, F. H., Greyling, J. P. C., & Fair, M. D. (2009). The effect of dietary ionophores on feedlot performance of lambs. South African Journal of Animal Science, 39(1), 141-144.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.
- Rezaei Ahvanooei, M. R., Norouzian, M. A., Piray, A. H., Vahmani, P., & Ghaffari, M. H. (2023). Effects of monensin supplementation on lactation performance of dairy cows: a systematic review and dose–response meta-analysis. Scientific Reports, 13(1), 568.
- Sadeghi, S., Rafat, S. A., Shodja, J., & Amanlo, H. (2016). Effects of Gender and Dietary Ionophores on Growth Performance and Carcass Characteristics in Moghani Lambs. Iranian Journal of Applied Animal Science, 6(1), 95-99.

- Salinas-Chavira, J., Lara-Juarez, A., Gil-González, A., Jimenez-Castro, J., Garcia-Castillo, R., & Ramírez-Bribiesca, E. (2010). Effect of breed type and ionophore supplementation on growth and carcass characteristic in feedlot hair lambs. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 633-637.
- Schwarzer G (2016). Meta: General Package for Meta-Analysis [Online] Available at: https://cran.r-project.org/web/packages/meta/index.html.
- Soares, S. B., Furusho-Garcia, I. F., Pereira, I. G., Alves, D. D. O., Silva, G. R. D., Almeida, A. K. D., ... & Sena, J. A. B. (2012). Performance, carcass characteristics and non-carcass components of Texel× Santa Inês lambs fed fat sources and monensin. Revista Brasileira de Zootecnia, 41, 421-431.
- Soltan, Y. A., Hashem, N. M., Morsy, A. S., El-Azrak, K. M., El-Din, A. N., & Sallam, S. M. (2018). Comparative effects of Moringa oleifera root bark and monensin supplementations on ruminal fermentation, nutrient digestibility and growth performance of growing lambs. Animal Feed Science and Technology, 235, 189-201.
- Zhang, Z. W., Wang, Y. L., Chen, Y. Y., Wang, W. K., Zhang, L. T., Luo, H. L., & Yang, H. J. (2019). Nitroethanol in comparison with monensin exhibits greater feed efficiency through inhibiting rumen methanogenesis more efficiently and persistently in feedlotting lambs. Animals, 9(10), 784.
- Zhang, Z. W., Wang, Y. L., Chen, Y. Y., Zhang, L. T., Zhang, Y. J., Liu, Y. Q., ... & Yang, H. J. (2021). The dietary supplemental effect of nitroethanol in comparison with monensin on methane emission, growth performance and carcass characteristics in female lambs. Animals, 11(2), 327.

EFECTO DEL PASTOREO SOBRE EL GRADO ANTIOXIDANTE DE LA LECHE

Galina, M.A[1]., Higuera-Piedrahita R[1]., Pineda, J[2].

[1]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México, [2] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad de Colima miguelgalina@hotmail.com

Resumen.
Debido a la alta incidencia de obesidad en la población mexicana (75% de los individuos), los mexicanos son más propensos por las enfermedades crónico degenerativas a el COVID-19, con un total de 7,595,635 casos reportados, 333,961 muertes en una población de 131,192,333 habitantes, 2,538 muertos por 1 millón de habitantes ubicándose en el puesto 19 del ranking mundial (marzo de 2023), comparados con los Estados Unidos primer lugar con 1,178,842,081 casos, con 1,162,474 muertes, 3,472 muertes por millón de habitantes, en una población de 334,805,269 habitantes de los fallecidos el 76% tenía enfermedades crónico degenerativas que pueden prevenirse con alimentos ricos en antioxidantes. Por otro lado, se sabe que la leche puede aportar antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades crónico-degenerativas asociado con la oxidación celular (que bien puede agravar las infecciones por COVID); El muestreo se realizó en 2021 y 2022 sobre 8,303 vacas lecheras de Querétaro, Tabasco, Colima, Veracruz y Chiapas en México. entre los 95 ranchos incluidas en el ensayo, 25.3% estaban en ET (1699 animales) y alimentadas con ensilaje de maíz, heno de alfalfa, forrajes y concentrado balanceado comercial (16% PB; 5 a 7kg/cabeza/día); tanto en pastoreo (P) como pastoreo suplementado (PS) había una mezcla de pastos tropicales: *Cynodon niemfluensis, Muhlenbergi arobusta, Bachearía brizantha, B. decumbens y Echinochloa Polystachya*. Grupo P (30%, 2014 vacas) en pastoreo permanente mientras que ET (44,6%, 2944 cabezas) también fue abastecido con un alimento balanceado comercial (18% proteína cruda; 2 a 3 kg/cabeza/día). La producción diaria promedio de leche fue significativamente ($P<0.05$)diferente entre grupos: 16,2±2,12kg (ET), 9,5±2,72kg (PS) y 7,2±1,530kg (P).el objetivo principal fue determinar el grado de protección antioxidante en la leche de vaca, con base en polifenoles, incluidas muestras de leche de pastoreo (P), pastoreo suplementado(PS) y estabulación total (ET), medidos por anión superóxido para estudiar e identificar parámetros de Grado de Protección Antioxidante (GPA). Este parámetro, expresado como una relación molar entre antioxidante compuestos y un objetivo de oxidación, es útil para rastrear y distinguir productos tres sistemas.: En el tratamiento P, la concentración de colesterol se redujo durante el mes de mayo; a diferencia de ET, donde la cantidad de este metabolito aumentó durante el mismo período; y en el tratamiento ET, donde se mantuvo constante durante tres meses. La concentración de alfa tocoferol en leche aumentó de 170 a 179.04µg/100g en el mes de mayo para animales en pastoreo (P), disminuyó de115,25 a 105,45 µg/100g, y de 94,23 a 77,74 µg/100g para los tratamientos ET y (ET) respectivamente. Los animales se mantuvieron en un área tropical, y el nivel de colesterol de la leche de estas vacas durante el periodo seco fue mayor ($p<0,05$) que los animales alimentados con dietas ricas en concentrados (25,22mg/100g),en comparación con los que consumieron mayor cantidad de forraje (G: 15,63mg/100g, ET: 21,44mg/100g). El nivel de alfa-tocoferol en la leche fue mayor ($p<0,05$) en la leche de pastoreo (173,02 µg/100 g),en comparación ET: 109,83 µg/100g y ET: 83,95 µg/100g. El Grado de Protección Antioxidante (GPA) aumentó significativamente entre tratamientos, observándose el mayor valor en P (11,17), en PS (5.13) y ET (3.42) grupos. Se concluye que el sistema de alimentación directamente influye en el grado de protección antioxidante de la leche, siendo este efecto mayor en la leche que procede vacas en pastoreo.

Palabras clave: Enfermedades cardiovasculares; estrés oxidativo; COVID-19

Introducción: El concepto de antioxidante biológico se ha definido como cualquier compuesto que, cuando está presente en una concentración inferior a la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o prevenir la oxidación del sustrato (Halliwell et al., 1992; Godic et al., 2014). Las funciones antioxidantes implican la reducción del estrés oxidativo –protección del ADN frente a transformaciones malignas, así como otros parámetros de daño celular. Los estudios epidemiológicos han demostrado la capacidad delos antioxidantes para contener los efectos de la actividad de las especies reactivas del oxígeno y disminuir la incidencia de cánceres y otras enfermedades degenerativas (Cheesman., Slater, 1993).

Se ha comprobado que, en condiciones fisiológicas, el equilibrio entre compuestos oxidantes y antioxidantes favorece moderadamente a los oxidantes, produciéndose así un ligero estrés oxidativo, superando la intervención de los sistemas antioxidantes endógenos del organismo (Droge, 2002). Este problema del estrés oxidativo se vuelve más agudo con la edad cuando los antioxidantes endógenos y los sistemas de reparación no pueden contrarrestarlo de manera efectiva. Por ello, es conveniente la suplementación de antioxidantes en la dieta, y se puede conseguir en forma de alfa-tocoferol y betacaroteno, que se pueden obtener a partir de productos de pastoreo como la leche. (Galina, et al., 2016; 2017).
Antioxidantes, como la vitamina D y E, carotenoides y fenólicos (ácidos fenólicos como los ácidos benzoico e hidroxibenzoico, derivados del ácido cinámico e hidroxicinámico y flavonoides: flavonoles, flavans, flavanonas, flavanoles, flavonas y antocianidinas como las agliconas de antocianina (flavil o esqueleto de iones 2-fenilcromenilo), se consideran actualmente como los principales antioxidantes exógenos. Anteriormente, se encontraron valores de grado de protección antioxidante superiores a 7,0 $\times 10^{-3}$ en muestras de Vacas en pastoreo, y valores inferiores a 7,0 $\times 10^{-3}$ en muestras de Vacas en pastoreo cero, tanto para leche como para queso, lo que significa que el colesterol estaba altamente protegido contra las reacciones oxidativas, cuando el pasto era el único alimento o era dominante en la dieta de las Vacas, mismo efecto que hemos medido en las vacas. La fiabilidad de GPA para medir la protección antioxidante del colesterol pareció más efectivo cuando el sistema de alimentación se basó en el pastoreo, o cuando los animales utilizaron el pasto cortado en el interior. El índice GPA pudo distinguir los productos lácteos cuando el pasto pastoreado en la dieta de superó el 15%. Esto ha llevado al desarrollo de técnicas o ecuaciones para determinar el grado de protección antioxidante (GPA) de un alimento. La eficacia de este parámetro para distinguir la leche y el queso de los animales en pastoreo y confinamiento completo fue discutida por Pizzoferrato et al., (2007), demostrando ser una metodología útil para determinar el origen de los productos lácteos en relación con el pastoreo.}

Material y Métodos:

El experimento se realizó en leche a granel de 84 fincas (total de 6707 vacas lecheras, 2° a 4° parto) en México, durante dos años:2020 y 2021. Las fincas estaban en Querétaro (Latitud: 20.5931,Longitud: -100.392 20°, a 1820msnm), Tabasco (18°20’ norte latitud, 93°15’ de longitud, 10 metros sobre el mar), Colima (latitud19.2433, longitud-103.725 19° 14′ 36″ Norte, 103° 43′ 30″ Oeste, sobre 550msnm), Veracruz (17° 09´ de latitud, 98° 39´ de longitud, 0metros sobre el mar) y Chiapas (longitud: O93°22’51.74” latitud:N17°33’23.51”, a 4080msnm). En cada finca, los partos fueron agrupadas, así, la mayoría de las vacas tuvieron los mismos días en leche; ellas etapas de lactancia consideradas fueron de 30 a 60 días después del partoy 90 a 110 días posparto. Las fincas se agruparon sPúna su sistema de alimentación: Pastoreo Exclusivo (P), Pastoreo suplementado (ET) o Estabulación (E) (30,0%,2014 cabezas) y ET (44,6%, 2944 cabezas) pastaron en Cynodonniemfluensis, Muhlenbergia robusta, Brachiaria brizantha,Brachiaria decumbens y Echinochloa polystachya y en una en Querétaro sobre Lolium perenne. Los animales en P fueron pastoreo permanente mientras que los de E fueron suplementados medio kg por litro de leche 3kg/cabeza/día) con concentrados balanceados comerciales (18% PB).Los animales del grupo ET (25,3%, 1699 cabezas) fueron alimentados con ensilaje de maíz, forrajes tropicales (coros de caña de azúcar, King grass, Brachiaria sp, Starpasto), heno de alfalfa y concentrado balanceado comercial (16% PB;5 a 7 kg/cabeza/día).
Análisis de ácidos grasos. Las muestras liofilizadas de leche o queso de cabra congelada se extrajeron con Soxhlet con éter de petróleo / éter etílico (1: 1v / v) para caracterizar la composición de ácidos grasos. Los ésteres metílicos de ácidos grasos se separaron mediante un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama y un inyector dividido (1:24). Las separaciones se realizaron utilizando una columna capilar (25 cm x 0.2 mm i.d. x 0.3um). El contenido de ácidos grasos se expresó en porcentaje. Después de la determinación, se calculó la suma de ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, así como el contenido de ácidos grasos omPa. Método 923.07. (AOAC, 2000).
Se tomaron muestras de leche (1.5 l/rancho) del tanque general. Estas muestras fueron transportadas en refrigeradores con hielo para posteriormente ser congeladas a -20°C y almacenadas hasta suproceso de saponificación. Se determinó el anión superóxido por espectrofotometría, e incubación de de leche y 10 µL de nitroazul de tetrazolio en solución de 1mg/L, durante 30 minutos en ambiente oscuro,

luPo se agrParon 50 µl de dimetilsulfóxido y 50 µl de hidróxido de sodio 2 M. La absorción de la muestra se midió a 600 nm. (Marchesino et al., 2017)
Análisis estadístico. La producción total de leche o queso y la composición de la leche o queso se analizaron utilizando un diseño de ANOVA de una vía. El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando los procedimientos del modelo lineal general (Statgraphics-Centurion).

Resultados

Tabla 1. Composición de los alimentos de pastoreo, estabulación y pastoreo suplmentado

	Pastoreo	**Estabulación**	**Pastoreo Suplementado**
Materia Seca	100	100	100
Total de humedas	0	0	0
Extracto Etereo	2.5	2	3.04
Cenizas	5.5	6	7.05
Proteína Cruda	14	16.5	17.90
Fibra Cruda	66	25.1	27.76
Extracto libre de Nitrógeno	12	50.4	44.24

Los resultados de este estudio muestran que los niveles de colesterol, alfa-tocoferol y el grado de protección antioxidante fueron mayoritariamente constantes entre las fincas muestreadas dentro del mismo sistema.

De igual forma, el nivel de colesterol en la leche de vaca en el trópico húmedo durante el período seco fue mayor ($p<0.05$) en aquellos animales alimentados bajo sistemas estables con dietas ricas en almidones (25.22 mg/100g), en comparación con aquellos que consumieron una mayor cantidad de forrajes (Pastoreo (15,63 mg/100g), Pastoreo Suplemento (21,44 mg/100g)ñ

En cuanto a los resultados para los niveles de alfa-tocoferol en leche fue mayor ($p<0,05$) en la leche cuyo origen fue el sistema de pastoreo (173,02 µg/100g), en comparación con la que provino de alimentación que involucró ingredientes ricos en almidones (ET: 109,83 µg/100g, E: 83,95 µg/100g).
En el presente estudio, el grado de protección antioxidante (GPA) tuvo un incremento estadísticamente significativo entre tratamientos , observándose el mayor valor en Pastoreo (11.17), del ET (5.13) y estabulación (3.42).

Discusión
El consumo de forraje se estimó sobre la base de la masa de forraje, medida en 2 × 2 m de pasto antes y después del pastoreo. El consumo real de forraje pastoreado para cada grupo fue 0 (testigo alimentado con concentrado comercial), 450, 600 y 1100 g de MS/d, y el aporte del pastoreo a la dieta en cada tratamiento se calculó como porcentaje del máximo consumo real de forraje [de 0 g/d (0 % de pastoreo) a 1100 g/d (100 % de pastoreo), (Cabiddu., et al., 2017)
En Tabasco México, el pastoreo mostró la mayor GPA cuando se comparó con los otros dos sistemas de manejo ofrecidos con diferentes grados de concentrado en la dieta, demostrando que el grano debido a la disminución de la GPA se redujo en vacas alimentadas bajo pastoreo suplementado y siendo el más bajo en vacas alimentadas en su totalidad. en estabulación (Priolo et al., 2004); Los resultados concuerdan con datos previos obtenidos en otro estudio realizado en queso de cabra por Pizzoferrato et al., en Italia en 2007, donde reportaron datos con las mismas tendencias, teniendo en su trabajo cuatro tratamientos en los que el GPA de leche de cabra y Se evaluó el queso, obteniendo valores más altos en los tratamientos donde no se ofrecieron granos ni concentrados comerciales: GPA fueron 11.3 en pastoreo completo, 9.8 en pastoreo suplementado, pastoreo suplementado con concentrado, 10 vacas en cada observación fueron alimentadas con concentrados comerciales completos en confinamiento (Shingfi et al. al 2013). Pizzoferrato et al., en 2007 reportaron que no encontraron diferencias significativas

en sus muestras en los niveles de colesterol en leche de cabra, con valores de colesterol de 14.7 para pastoreo, 11.8 para pastoreo suplementado, 12.8 para pastoreo con suplemento comercial y 12.8 en pleno confinamiento. En el presente estudio los niveles de colesterol en la leche de vaca fueron: 15,63 en pastoreo, 21,44 en pastoreo + suplemento y 25,22 en confinamiento, mostrando un ligero aumento del colesterol entre los diferentes tratamientos siendo mayor en pleno confinamiento, esta diferencia podría deberse a la fuente de leche, ya que esos investigadores llevaron a cabo su estudio sobre la leche de cabra. Los datos obtenidos del alfa-tocoferol en este trabajo demostraron diferencias significativas en los tratamientos donde existe suplementación, teniendo una media de 173,03 en pastoreo, 109,83 en pastoreo suplementado y 83,96 en confinamiento completo. Resultados similares a los reportados por Pizzoferrato et al., en 2007 en leche de cabra donde el mayor valor de alfa-tocoferol es 154.9 en pastoreo, 118.9 en pastoreo suplementado, 125.2 en pastoreo con concentrado y 77.1 en pleno confinamiento. En el estudio de Pizzoferrato et al., en 2007, se obtuvieron muestras durante tres años, y durante estos tres años se siguió la misma tendencia en los datos de colesterol, alfa-tocoferol y GPA.

Del mismo modo, en un estudio de Andrea Cabiddu et. al., en 2017 en Italia informaron una mayor cantidad de vitamina E, pero también una mayor cantidad de colesterol en la leche de cabras alimentadas con una dieta rica en forraje. En este estudio se realizaron dos tratamientos de alimentación, el primer tratamiento determinó una dieta con baja cobertura de forraje, y lo llamo LH (baja cobertura de forraje), y el segundo tratamiento HH (alta cobertura de forraje) fue una dieta con alta cobertura de forraje y obtuvieron resultados en HH de 3.66 y LH de 3.52 en vitamina E, demostrando que la alimentación de caprinos con altas concentraciones de forraje contenía mayores cantidades de esta vitamina.

En el caso del colesterol, se obtuvieron cantidades superiores en el tratamiento HH, con valores de 314, y en el tratamiento LH se obtuvieron 294. También realizaron el GPA de sus datos, y se obtuvo un GPA mayor en el segundo tratamiento 11.66 para HH y 11.97 para LH

Conclusiones

En esta investigación se demostró una disminución en GPA, que se utilizó para diferenciar los productos de los sistemas de alimentación de pastoreo y cero pastoreo, siempre que el pasto pastoreado supere el 15% en los animales que estaban en el grupo de dieta total. De hecho, la acción del pastoreo, no solo el consumo de forraje cortado de los pastoreo es un factor determinante de la calidad de la leche y el queso comerciales, lo que contribuye a la fijación de precios y probablemente al bienestar de los animales. Además, se encontró que el parámetro GPA está relacionado con las reacciones oxidativas, el principal determinante de la pérdida de calidad en los alimentos: a mayor valor de GPA, mayor estabilidad y seguridad del producto, considerando el riesgo relacionado con la ingesta de óxidos de colesterol en humanos. .

La presente observación mostró un efecto directo del sistema de alimentación sobre la concentración de colesterol y alfa-tocoferoles en la leche de vaca, influyendo en el grado de protección antioxidante del producto, este efecto fue significativamente mayor cuando los animales fueron alimentados únicamente en pastura donde no se agregó suplementación. , particularmente cuando los concentrados se ofrecen en grandes volúmenes a la dieta.

Agradecimientos: Los autores a FES-Cuautitlán UNAM por el financiamiento del presente estudio.

Referencias:

Brown, A. J., and W. Jessup. 1999. Oxysterols and atherosclerosis. Atherosclerosis 142:1–28.

Cabiddu, A., Addis, M., Fiori, M., Spada, S., Decandia, M., Molle, G., 2017. Pros and cons of the supplementaϴ on with oilseed enriched concentrates on milk faΣ y acid profile of dairy sheep grazing Mediterranean pastures. Small Ruminant Research.smallrumres.2016.11.019

Caboni, M. F., S. Hrelia, A. Bordoni, G. Lercker, P. Capella, E. Turchetto, and P. L. Biagi. 1994. In vitro effects of 5α cholestane 35α, 5,6α triol on cultured rat cardiomyocytes. J. Agric. Food Chem. 42:2367–2371.

Claps S., Galina, M.A., Rubino R., Pizzillo M., Morone G., Di Napoli M.A., Caputo A.R., Pineda L.J. 2014. Effect of grazing into the omega 3 and aromatic profile of bovine cheese. Journal of Nutritional Claves,

E., Vossen, E., Smet, S. De. 2015. Determination of α -tocopherol by reversed-phase HPLC in feed and animal-derived foods without saponification.

Dröge, W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. Physiol. Rev. 82 (1):

47- 95 Esti, M., L. Cinquanta, G. Panfili, P. Manzi, S. Marconi, and L. Pizzoferrato. 2004. Effects of variety and
olive ripeness on nutritional quality and oxidative stability of extra virgin olive oils. Food Agric. Environ. 2:129–134.

Galina, M,A., Pineda, J., Higuera-Piedrhita R., Vázques,P., Haenlein,G.,Olmos,J.,Park,Y. 2019. Effect of Grazing on the fatty acid composition of goat's milk or cheese. Adv Dairy Res Vol 7 3:227:1-8

Godic A., Poljsak, B., Adamic M., Dahmane R. 2014.The role of antioxidants in skin cancer prevention and treatment, Oxid. Med. Cell. Longev. Article ID 860479, 6 pages. http://dx.doi.org/10.1155/2014/860479.

Gutteridge, J.M. 1993. Free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence.
Free Radic. Res. Com. 19(3): 141-158.

Maulik, N., Mcfadden, D., Otan, N Thirunavukkarasu M., Parinandi N.L. 2013. Antioxidants in longevity and medicine. Oxid. Med. Cell Longev. 2013: Article ID 820679. http://dx.doi.org/10.1155/2013/820679.

Maulik, N., Mcfadden, D., Otan, N Thirunavukkarasu M., Parinandi N.L. 2013. Antioxidants in longevity and medicine. Oxid. Med. Cell Longev. 2013: Article ID 820679. http://dx.doi.org/10.1155/2013/820679.

Panfili, G., P. Manzi, and L. Pizzoferrato. 1994a. HPLC simultaneous determination of tocopherol, carotenes, retinol and its geometric isomers in Italian cheeses. Analyst 119:1161–1165.

Pearson, T.; Popescu, B.O. y Cedazo-Imguez, A. 2014. Oxidative stress in Alzheimer's disease: why did antioxidative therapy fail. Oxid. Med. Cell. Lomgev.

Pisoschi, A. M., Pop, A., 2015. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review.
European Journal of Medicinal Chemistry (97): 55-74.

Pizzoferrato, L., Manzi, P., Marconi, S., Fedele,V., Claps, S., Rubino, R. 2007. Degree of antioxidant protection: a parameter to trace the origin and quality of goat's milk and cheese. J Dairy Sci., (10):4569-4574.

EVALUACIÓN DE GANANCIA DE PESO Y SOBREVIVENCIA DE CABRITOS A PARTIR DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *LACTOBACILLUS SUBTILLIS PB6*

Cervantes R. V[1*].., Bustamante A.J.A[3]. Meza H.C.A[4]., Rebolloso P.O.N[2]., Contreras V.V[1]., Dalia I.C.M.[1], De Santiago M.M.A.[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Postgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Torreón Coahuila México
[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de producción animal – Saltillo, Coahuila, México
[3]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Ej. Venecia Durango, México
[4] Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo 35230, Durango, México

Resumen

El efecto de una suplementación con probióticos contribuye al aumento del consumo de alimento, tasa de conversión y, en consecuencia, de la ganancia de peso corporal, en ovejas, cabras, bovinos y equinos. El objetivo del presente estudio fue comparar en dos grupos de cabritos multirraciales nacidos en sistema semi-extensivo en el noreste de México si una suplementación con probióticos *Bacillus subtillis* PB6 incrementa su ganancia de peso y su salud. El estudio se realizó a una latitud de 25°35¨03.054N El grupo experimental constó de 99 cabritos multirraciales, distribuidos en dos grupos homogéneos en peso corporal: Grupo control (GC; n=50) y Grupo tratamiento (GT n=49; *Bacillus subtillis* PB6)). La suplementación probiótica se realizó en 5mL de leche+1gr/Kg para el GT y 5mL de leche para el GC. Las variables registradas fueron el peso corporal (PC) cada 5 días y los casos de diarrea y neumonías. para determinar la ganancia de peso se realizó una prueba t-student. Para determinar si hubo diferencia en incidencia y reincidencia de diarreas y neumonías se llevó a cabo la prueba de chi-cuadrada. Se utilizó el valor de P< 0.05 para considerar la diferencia estadística. Se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 12. El peso corporal de ambos grupos no mostró diferencia estadística (P< 0.05), GT: 7.7 kg vs GC: 7.4 kg. Aun realizando una subdivisión de grupos (bajo, mediano, alto) no se observaron diferencias significativas (P<0.05). En la incidencia de diarreas se registró diferencia estadística (P< 0.05), el GT tuvo 14/49 (28.5%) vs 25/50 (50%) GC. Adicionalmente, en reincidencia de diarrea hubo diferencia estadística (P<0.05) debido a que GT tuvo 4/14 (28%) vs 12/25 (48%) GC. Por lo que se puede determinar que una suplementación con probióticos (*Bacillus subtillis* PB6) mejora en la salud de los cabritos, ayudando a la prevención de enfermedades, lo que redunda en mayor sobrevivencia de las crías.

Palabras clave*: Peso corporal, Cabras, Sanidad, nutrición.*

Introducción

La producción caprina es una de las principales actividades pecuarias que generan ingresos en las zonas áridas y semiáridas de México, debido a las condiciones climáticas que posee, así como la adaptabilidad para llevar a cabo su modelo de producción. La caprinocultura es una actividad tradicional desde hace décadas (Echavarria *et al*., 2006). La producción de leche y carne de cabra en la Comarca Lagunera es de gran relevancia para la sociedad.(Maldonado Jáquez et al., 2014). Los cabritos representan una fuente de ingreso para los caprinocultores, pero las enfermedades, principalmente las diarreas son la causa

* *Vladimir Cervantes Reyes. Av. Fidel Velázquez 130, Col. Fidel Velázquez, Torreón Coahuila, CP. 27059. Cereyv98@gmail.com, 962 282 4569.

principal de mortalidad, los fetos están en un ambiente intrauterino libre de gérmenes, al nacer comienzan a interactuar en un ambiente altamente contaminado, exponiéndose a múltiples enfermedades, por lo que es necesario reducir la tasa de mortalidad y mejorar la salud en los cabritos (Chopra *et al.*, 1986; Cuellar *et al*., 2012). Las enfermedades en cabras se presentan debido a diferentes agentes etilógicos, en las que destacan las diarreas, como una de las principales causas de mortalidad principalmente en cabritos, debido a que su sistema inmunológico no está completamente desarrollado. Las causas más comunes de diarreas son causadas por bacterias (*E. coli, Salmonella spp, Cl. perfringens)*, Parásitos (*Coccidias* y *Cryptosporidium spp*) y por mal manejo zootécnico (Alarcon Aburto, 2005). La incidencia de diarreas en cabritos en la región del altiplano Mexicano es de 55-60 % (Gomez-Gomez *et al*.,2017).

Los antibióticos se han usado para tratar las enfermedades en rumiantes y pequeños rumiantes, sin embargo, durante las últimas décadas han causado preocupación debido a la resistencia que han causado, además de las afectaciones que conllevan en cuanto a la producción de leche y calidad de carne. Siendo una problemática por resolver, en este caso requiere de una alternativa que beneficie la salud del animal y no tenga efectos que perjudiquen al hospedero y además brinde beneficios. Los probióticos son bacterias benéficas que en cantidades adecuadas confieren un beneficio para la salud, siendo catalogados como alimentos funcionales por las propiedades que contienen, así como suplementos alimenticios y aditivos, debido al mecanismo de acción de los probióticos brinda las herramientas necesarias al hospedero para una disminución de enfermedades del sistema digestivo, así como un soporte para este mismo, y mejorar la salud (FAO/OMS, 2002). El uso de probióticos se ha empleado para evaluar la salud intestinal, ganancia de peso, efecto en la calidad de la leche, prevención y tratamiento de diarreas. En los últimos años el uso de probióticos en rumiantes se ha incrementado por los efectos positivos, se ha reportado incremento de peso, mejora en el microbiota intestinal, prevención de enfermedades, en las que destaca la disminución de incidencia de diarreas y mortalidad (Ekwemalor *et al*., 2017; Kumar *et al*., 2016). El suministro de probióticos a los cabritos en los primeros días después de su nacimiento podría significar una solución a la mortalidad causada por enfermedades bacterianas, siendo que, se ha comprobado que una adición de probióticos a la dieta en cabras, ovinos, bovinos y aves confiere un beneficio para la salud (Chandra et al., 2009). En animales de producción, la disminución de la tasa de crecimiento, un bajo rendimiento, susceptibilidad a infecciones (diarrea), entre otros desordenes están asociados a una inadecuada microbiota (Macpherson & Harris, 2004; Shi & Walker, 2004). Se ha informado que la cepa *Bacillus subtillis* PB6 mantiene un equilibrio en la microflora intestinal en rumiantes y provee de propiedades que propician un incremento en el peso, en las proporciones adecuadas (Kritas *et al*., 2006; Kritas y Morrison, 2005). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar en dos grupos de cabritos multirraciales nacidos en sistema semi-extensivo en el noreste de México si una suplementación con probióticos *Bacillus subtillis* PB6 incrementa su ganancia de peso y su salud

Materiales y Métodos

General

Todos los métodos y el manejo de los grupos experimentales se llevaron a cabo bajo los lineamientos para el cuidado, uso ético y bienestar en animales de investigación internacional (ASAS, 2020) y nacional (NAM, 2002) con aprobación institucional UAAAN-UL.

Localización

El presente estudio se llevó a cabo durante una parte del periodo de lactancia (25 días), la fecha de inicio de la suplementación fue a partir del 7 de octubre del 2022 al 01 de noviembre del mismo año en el Ejido Corona municipio de Matamoros Coahuila, zona semiárida del noreste de México a una altura de 1,111 msnm, entre los paralelos longitud 103°15'38.879 W, latitud 25°35'03.054 N, (INEGI, 2020). Cuenta con

una precipitación anual de 230 mm, una temperatura promedio de 22°C, máxima de 38°C y minima de 8°C (CONAGUA, 2018).

Grupos y tratamientos

Para evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtillis* PB6, se seleccionaron 99 cabritos de manera aleatoria, divididos en 2 grupos homogéneamente de acuerdo con su peso al nacer, la ingesta de calostro se llevó a cabo debidamente por cada cabrito. Se conformaron 2 grupos: Grupo Tratamiento (GT; n=49; 3.8 Kg de PC) y Grupo Control (GC; n= 50; 3.7 Kg de PC). En ambos tratamientos se suministraron 5 mL de leche por cada cabrito mediante una jeringa desechable. La adición de *B. subtillis* PB6 a la leche del GT se realizó a razón de 1g/kg de PC promedio diluido en los 5mL. Para el grupo control se suministró la misma cantidad de leche sin probiótico, el suministro se realizaba a partir de las de 12:00 pm.

Variables evaluadas

Peso corporal: El peso de las crías fue medido en una báscula colgante digital (WH-C100), el pesaje se realizó cada 5 días durante 25 días.

Salud: Diariamente se registró a cada cabrito que presentó signos de diarrea y/o neumonía, desde el nacimiento hasta los 25 días del experimento. Se hicieron pruebas de laboratorio para determinar los tipos de diarrea presentadas, en cuestión, las bacterias que estuvieron presentes en los cabritos, en este caso predominó la coccidios. Para el caso de las diarreas del grupo tratamiento fueron diarreas de tipo mecánicas, se debió al manejo que se llevó a cabo por el productor.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico para determinar la ganancia de peso en ambos grupos se realizó mediante la prueba de t-student. Para determinar si hubo diferencia en incidencia y reincidencia de diarreas y neumonías se llevó a cabo la prueba de chi-cuadrada. Se utilizó el valor de $P< 0.05$ para considerar la diferencia estadística. Se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 12.

Resultados

En la variable de peso corporal a los 25 días (final) no se registró diferencia entre grupos ($P>0.05$; 7.7 ± 0.1 kg vs 7.4 ± 0.2 kg) entre el GT y GC respectivamente (cuadro 1). Contrariamente, en las variables incidencia y reincidencia de diarreas se observó diferencias significativas ($P<0.05$) entre grupos de cabritos.

Cuadro1. Ganancia de peso vivo (kg), incidencia y reincidencia de diarrea (%) y neumonía (%) en cabritos desde el nacimiento hasta los 25 días de la dosis de *Bacillus subtillis* PB6 (GT, GC).

VARIABLES	GT n= 49	GC n= 50
Peso inicial (kg)	3.8 ± 0.1 [a]	3.7 ± 0.2 [a]
Peso final (kg)	7.7± 0.1 [a]	7.4 ± 0.2 [a]
Incidencia de diarrea n (%)	14/49 (28) [a]	25/50 (50) [b]
Reincidencia diarrea n (%)	4/28 (29) [a]	12/25 (48) [b]
Neumonía n (%)	0/49 (0) [a]	1/50 (2) [a]

Literales con [a] [b] superíndice diferente entre columnas difieren ($P <0.05$).

Ganancia de peso

En la variable de PC se realizó una sub-división por sexo y por peso corporal (bajo, mediano y alto) para estimar si existió diferencia entre dichos subgrupos, sin embargo, no se registró ninguna diferencia estadística (P > 0.05; Cuadro 2).

Cuadro 2. Sub-grupos por PC y sexo de dos grupos de cabritos multirraciales del noreste de México suplementados con *Bacillus* subtillis PB6 durante 25 días después del nacimiento.

VARIABLES	GT (n=49)	GC(n=50)
Peso bajo (kg)	6.6 ±0.3[a]	6.5 ± 0.5[a]
Peso mediano (kg)	8.2 ±0.2[a]	7.7 ± 0.2[a]
Peso alto(kg)	8.3 ±0.2[a]	8.4 ± 0.3[a]
Hembra (kg)	7.4±0.2[a]	7.1± 0.3[a]
Macho (kg)	8±0. 3[a]	7.8±0.3[a]

[a b] Literales con superíndice diferente entre columnas difieren (P <0.05).

Comportamiento de ganancia de peso

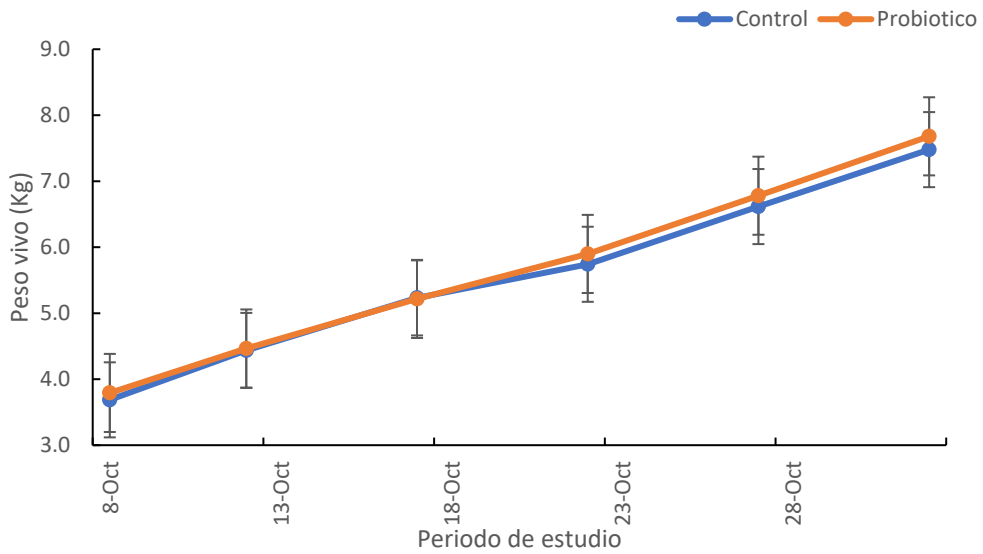


Figura 1. Comportamiento de ganancia de peso vivo en (kg) de dos grupos de cabritos multirraciales del noreste de México suplementados con *Bacillus* subtillis PB6 durante 25 días después del nacimiento.

Salud de los cabritos

Incidencia de diarrea

La técnica para el registro de incidencia y reincidencia de diarreas fue mediante la observación de las heces y el área perianal del cabrito, así como colecta de heces para pruebas de laboratorio

Incidencia: se define como incidencia a un nuevo numero de casos en un periodo de tiempo determinado, dividida por la población de riesgo, es decir para el caso de incidencias de diarreas fue determinado mediante el registro de casos de diarrea durante el periodo de 25 de días del estudio (FAO/OMS, 2002).

Reincidencia: La reincidencia se mide a partir de volver a presentar diarrea después de un determinado tiempo, para el caso de los cabritos se registraron aquellos que padecieron diarreas, sanaron y después de ciertos días volvieron a enfermar.

Discusión

En el presente estudio se evaluó el comportamiento para la ganancia de peso (kg), incidencia de diarrea, reincidencia de diarrea y la mortalidad. En nuestro estudio la diferencia en el peso corporal entre grupos sólo fue numérico (300 g) a favor del GT. Esto coincide con Souza et al., 2021 quienes administraron con *Bacillus subtillis* PB6 en aves, vacas y cervatos y no se han encontrado ganancia de peso significativa. Según estudios en los que se evaluó la ganancia de peso en cabritos se encontraron diferencias significativas a partir de los 30 días desde que se inició el estudio (Sivadasan, 2020). Debido a los escasos estudios que se han realizado para la ganancia de peso en cabritos a partir de suplementación con probióticos es probable que el estudio con la suplementación debería de realizarse en un periodo mayor a 30 días, para poder observar el efecto del probiótico sobre la ganancia de peso. Sin embargo, en el caso de incidencias de diarreas se observaron diferencias significativas, en los que el grupo control tuvo 25 casos de diarrea a diferencia del grupo tratado con probiótico en los que se reportaron 14 casos. Esto está alineado con estudios con probióticos para la evaluación de la salud en cabras los cuales reportaron una disminución de casos de diarreas (Galina & Puga, 2009). La suplementación con probióticos en cabras ha demostrado mejorar la salud intestinal y prevención de enfermedades, disminuyendo los niveles de padecimiento y reduciendo las cepas de bacterias que afectan el tracto intestinal. Estudios con ovejas a partir de una suplementación con *Bacillus subtillis* tiene mejoras en la productividad, el perfil metabólico y disminución de enfermedades, mejorando la salud intestinal (Devyatkin et al., 2021; Sheikh et al., 2022).

Se ha demostrado que la suplementación con probióticos mejora la salud intestinal e incrementa la calidad de la leche, así como prevención de enfermedades y ganancia de peso posterior a 30 días de suplementación (Abd El-Tawab et al., 2016), por lo que en futuros estudios, sería interesante prolongar el periodo de suplementación en los cabritos multirraciales de esta latitud con el objetivo de incidir en una mayor ganancia de peso.

Conclusión

La suplementación con *Bacillus subtillis* PB6 mejoró la salud intestinal y disminuyó la incidencia y reincidencia de diarreas, además, previno el padecimiento de neumonía. Es probable que un mayor periodo de suplementación *con Bacillus subtillis* PB6 *podría* tener efecto en mejorar el peso corporal de los cabritos multirraciales del Noreste de México.

Literatura citada

Abd El-Tawab, M. M., Youssef, I. M. I., Bakr, H. A., Fthenakis, G. C., & Giadinis, N. D. (2016). Role of probiotics in nutrition and health of small ruminants. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, *19*(4), 893–906. https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0114

Alarcon Aburto, A. (2005). *Problemas de Diarreas en Cabritos*. 1–15. http://amaltea.fmvz.unam.mx/textos/Diarreas en cabritos PAPIME.pdf

Chandra, R., Mehla, R. K., Sirohi, S. K., & Rahman, H. (2009). Effect of probiotic supplementation on growth of crossbred calves. *Indian Journal of Animal Sciences*, *79*(12), 1254–1257.

Chopra, K., Dua, N., & Saha, K. (1986). The role of colostrum. *Diarrhoea and Malnutrition in Childhood*, 229–232. https://doi.org/10.1016/b978-0-407-00401-6.50042-7

Cuellar, O. J. A., Tortora, P. J., Trejo, G. A., & Román, R. P. (2012). La producción caprina mexicana, particularidades y complejidades. *Ed. Aridana, México, DF*.

Devyatkin, V., Mishurov, A., & Kolodina, E. (2021). Probiotic effect of Bacillus subtilis B-2998D, B-3057D, and Bacillus licheniformis B-2999D complex on sheep and lambs. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, *8*(1), 146–157. https://doi.org/10.5455/javar.2021.h497

Echavarria, FG; Gutiérrez, RL; Ledesma, RI; Bañuelos, RV; Aguilera, JI; Serna, A. (2006). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Tec Pecu Méx*, *44*(2), 203–217.

Ekwemalor, K., Asiamah, E., Osei, B., Ismail, H., & Worku, M. (2017). Evaluation of the Effect of Probiotic Administration on Gene Expression in Goat Blood. *Journal of Molecular Biology Research*, *7*(1), 88. https://doi.org/10.5539/jmbr.v7n1p88

FAO/OMS. (3003). *Fao Who 2002*.

Galina, M. A., & Puga, L. J. P. D. C. (2009). *Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con un probiótico de bacterias ácido-lácticas Ruminal kinetics and growth of kids supplemented with a lactic acid bacteria probiotic*. *32*(4), 395–405.

Kritas, S. K., Govaris, A., Christodoulopoulos, G., & Burriel, A. R. (2006). Effect of Bacillus licheniformis and Bacillus subtilis supplementation of ewe's feed on sheep milk production and young lamb mortality. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, *53*(4), 170–173. https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00815.x

Kritas, S. K., & Morrison, R. B. (2005). Evaluation of probiotics as a substitute for antibiotics in a large pig nursery. *The Veterinary Record*, *156*(14), 447–448. https://doi.org/10.1136/vr.156.14.447

Kumar, M., Dutta, T. K., & Chaturvedi, I. (2016). Effect of probiotics supplementation on live weight in lactating Barbari goats. *J. Biol. Sci. & Med*, *2*(3), 15–23. https://www.researchgate.net/publication/309431227_Effect_of_probiotics_supplementation_on_live_weight_in_lactating_Barbari_goats/citation/download

Macpherson, A. J., & Harris, N. L. (2004). Interactions between commensal intestinal bacteria and the immune system. *Nature Reviews. Immunology*, *4*(6), 478–485. https://doi.org/10.1038/nri1373

Maldonado Jáquez, J. A., Salinas González, H., Valle Moysen, E. D., Triana, M., & Espinoza Arellano, G. J. de J. (2014). Perfil socioeconómico de los caprinocultores del suroeste del estado de Coahuila México. Socioeconomic profile of goat producers in the southwest of Coahuila state, Mexico. *Researchgatenet*, *February 2016*.

Sheikh, G. G., Ganai, A. M., Ahmad Sheikh, A., & Mir, D. M. (2022). Rumen microflora, fermentation pattern and microbial enzyme activity in sheep fed paddy straw based complete feed fortified with probiotics. *Biological Rhythm Research*, *53*(4), 547–558. https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1644019

Shi, H. N., & Walker, A. (2004). Bacterial Colonization and the Development of Intestinal Defences. *Canadian Journal of Gastroenterology*, *18*, 690421. https://doi.org/10.1155/2004/690421

Sivadasan, K. S. (2020). Comparison of Growth Performance of Goat Kids Under Supplementation with Different Probiotics. *Journal of Animal Research*, *10*(6), 1063–1065. https://doi.org/10.30954/2277-940x.06.2020.28

DIGESTIBILIDAD, EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ESTIMACIÓN DE METANO DE CORDEROS ALIMENTADOS CON UN FITOBIÓTICO

Razo-Ortiz P.B.[1*], Mendoza-Martínez G.D.[2], Hernández-García P.A.[1], Vázquez-Silva G.[3], Díaz-Galván C.[1], Espinosa-Ayala E.[1]

[1]Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México. [2]Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Ciudad de México. [4]Departamento de El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México. [4] [1]Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es evaluar el cambio de ENm y ENg y estimar la producción de metano de corderos en finalización. Se utilizaron 27 corderos machos de 23.52 ± 3.71 kg de peso, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente a los tratamientos (n=9) que consistieron en la inclusión dietaría de 0, 0.250 y 0.500% de un fitobiótico. Se obtuvieron las variables productivas para calcular el aporte de ENm y ENg para determinar el efecto del aditivo en el aporte energético de la ración. Al finalizar la prueba productiva se obtuvieron muestras de líquido ruminal y se determinó el porcentaje de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases. Utilizando la proporción de ácido acético, propiónico y butírico se estimó el CO_2 y CH_4 por estequiometria. Se encontró efecto lineal y cuadrático en digestibilidad (*P= 0.0001*), incrementándose con la inclusión más alta del fitobiótico. No se observó efecto lineal ni cuadrático (*P< 0.05*) para la ENm y ENg. Los ácidos grasos volátiles mostraron efecto cuadrático (*P< 0.1*) para acetato y cuadrático para propionato (*P< 0.1*). Se observo efecto cuadrático para Ch_4 (*P< 0.05*). La adición de un fitobiótico comercial formulado con en una ración para corderos en finalización no beneficio el aporte energético, la proporción de ácidos grasos volátiles ni disminuyo la generación de CH4.

Palabras clave: ovinos, fitobióticos, gases de efecto invernadero.

INTRODUCCIÓN

El CH_4 es un gas secundario proveniente de la fermentación entérica de la fibra y que su generación ruminal podría representar hasta el 15 % en pérdidas del aporte energético proveniente de las raciones (Patra *et al*., 2016) además, su liberación tiene un efecto invernadero 23 veces mayor al CO_2 (IPCC, 2014). Por lo cual, existe una preocupación por disminuir las emisiones de estos gases sin afectar el comportamiento productivo (McGinn *et al*., 2019). Una alternativa nutricional que puede disminuir la generación de CH_4 ruminal sin dejar residuos químicos en la carne ni contribuir a la resistencia bacteriana, son los fitobioticos (Frankič *et al*., 2009). Estos aditivos naturales contienen compuestos que al ser metabolizados pueden mejorar el comportamiento productivo, incrementar el sistema inmunológico y optimizar los parámetros de fermentación ruminal (Díaz-Galván et al 2020; Razo-Ortiz et al., 2020). MeboGrow® (Indian Herbs, Nuproxa México) es un producto comercial natural, formulado con *Chebulic myrobalan* y *Azadirachta indica* (Neem) y que se reporta que ha mejorado ganancia diaria de peso, consumo de materia seca y la digestibilidad cuando se incorpora en raciones para rumiantes (Amitava y Ghosh, 1992; Wheeler, 1994). Algunos fitobioticos han mostrado tener efectos benéficos en la disminución de metano entérico (Orzuna-Orzuna *et al*., 2021) pero no existen reportes sobre el efecto de la utilización de aditivos herbales en los cambios energéticos (ENm y ENg) de raciones para corderos. Por lo cual, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de un fitobiótico comercial formulado con las plantas

[*] Pablo Benjamín Razo-Ortiz. Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México. mvzrazo@gmail.com 5630115754.

Chebulic myrobalan y *Azadirachta indica* en el cambio de ENm y ENg y la producción de metano de corderos en finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro Universitario UAEM Amecameca, siguiendo las regulaciones establecidas por la Ley de Protección Animal del Estado de México y con el seguimiento del Comité Académico de Ciencia Animal, Ética, Bioseguridad y Bienestar Animal. Se utilizaron 27 corderos machos de 23.52 ± 3.67 kg de peso, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente a los tratamientos (n=9) que consistieron en la inclusión dietaría de 0, 0.250 y 0.500% de un fitobiótico comercial formulado con *Chebulic myrobalan* y *Azadirachta indica*. Las raciones experimentales (Cuadro 1) se formularon de acuerdo con los requerimientos establecidos por el NRC (2007) para corderos en finalización (relación forraje: concentrado de 78:22, una EM de 2.82 $Mcal^{-1}$, PC de 14.4 % y FDN de 23.81 %).

Cuadro 1. Raciones experimentales

	Fitobiótico, %		
	0	0.250	0.500
Ingredientes, %			
Maíz, grano	60.000	59.750	59.500
Maíz, rastrojo	22.0	22.0	22.0
Soya, pasta	7.0	7.0	7.0
Melaza	5.0	5.0	5.0
Maíz, gluten	3.0	3.0	3.0
Urea	1.0	1.0	1.0
Premezcla mineral[b]	1.0	1.0	1.0
Bicarbonato de sodio	1.0	1.0	1.0
Fitobiótico	0.0	0.250	0.500

[a] Formulado con *Chebulic myrobalan* and *Azadirachta indica*.
[b] 27% calcio, 3% fosforo, 0.75% magnesio, 4.2% azufre, 6.5% sodio, 0.05% potasio, 978 mg/kg hierro, 15 ppm cobalto, 5 ppm cobre, 25 ppm zinc, 2.25 ppm molibdeno, 1 ppm selenio, 160 ppm yodo.

Para determinar la digestibilidad de la ración, el día 30 del experimento y durante 5 días seguidos se tomaron muestras fecales directamente del recto y se empleó la técnica de cenizas insolubles en acido (CIA). Durante 60 d se obtuvieron los datos de consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y ganancia de peso total para ajustarlos a las ecuaciones de (Zinn et al., 2008) para obtener el aporte real de ENm y ENg de cada tratamiento.

Al final de la prueba productiva se obtuvieron muestras de líquido ruminal de cada cordero y se determinó el porcentaje de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases en un equipo Clarus 580® (Perkin Elmer®) equipado con una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm y utilizando nitrógeno como gas de arrastre. Con los valores de ácido acético, propiónico y butírico se estimó el CO2 y CH4 provenientes de la fermentación utilizando las ecuaciones estequiométricas de van Soest (1994). Para el análisis de los datos se utilizó un diseño completamente al azar y se realizaron polinomios ortogonales para evaluar la respuesta lineal o cuadrática del poliherbal con una significancia de $P< 0.1$.

Cuadro 2. Parámetros ruminales, digestibilidad y emisión de metano de corderos en finalización adicionado una formula poliherbal.

	Fitobiótico[a], %			EEM	*P*	
	0	0.250	0.500		*Lineal*	*Cuadrático*
Digestibilidad, %	78.94	76.06	83.54	0.90	0.0001	0.0001
Ácidos grasos volátiles						
Acético, %	47.0	52.0	50.0	1.152	0.1654	0.0622
Propiónico, %	44.0	39.0	42.0	1.291	0.4634	0.0560
Butírico, %	8.0	8.0	7.0	1.016	0.4198	0.7671
Cambio energético,[b] Mcal/kg						
ENm	1.362	1.4	1.31	0.072	0.7153	0.3327
ENg	0.78	0.85	0.74	0.084	0.7153	0.3327
Gases de efecto invernadero						
CO_2	47.77	48.54	42.57	1.130	0.6503	0.4069
CH_4	17.51	20.39	16.84	1.020	0.4644	0.0459

[a]Formulado con *Chebulic myrobalan* y *Azadirachta indica.*
[b]Calculado con las ecuaciones de Zinn et al. (2008)
EEM= error estándar de la media

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación (Cuadro 1) muestran que la digestibilidad presento un incremento lineal y cuadrático (P= 0.0001) conforme al nivel creciente de adición del poliherbal. No se observa efecto lineal ni cuadrático (P < 0.05) para la ENm y ENg. Por su parte, los ácidos grasos volátiles si mostraron efecto cuadrático (P= 0.01) para acetato, propionato (P= 0.01) y AGV totales (P= 0.037). En cuanro a los gases de efecto invernadero, el CH_4 estimado en esta investigación, tuvo un efecto cuadrático (p= 0.067), sin observarse efecto en la generación de CO_2.

DISCUSIÓN

El incremento de la digestibilidad con la inclusión de *Azadirachta indica* fue de 5.82 % con la inclusión de 0.500 % del fitobiótico poliherbal con respecto al tratamiento control. Patra *et al.* (2002) encontraron un efecto similar al incrementar en un 4 % la digestibilidad de la materia seca cuando evaluaron otra mezcla formulada con plantas. Estos cambios podrían explicarse por el efecto estimulante de la fermentación que provocan los metabolitos secundarios de las plantas en la microbiota ruminal. Paengkoum (2010) observaron que la sustitución del 50% de pasta de soya por la inclusión de hojas de *Azadirachta indica* mantiene la digestibilidad, lo que sugiere que, los metabolitos presentes en el neem podrían estimular a los microorganismos ruminales eficientizando el proceso fermentativo e incrementando el porcentaje de ácidos grasos volátiles y la disminución de gases de deshecho.

La disminución de ácido acético y el incremento de ácido propiónico en rumen es una estrategia que se ha utilizado para mejorar la producción (Luo et al., 2014). Hashemzadeh-Cigari (2014), encontraron que la adición de una mezcla de plantas con fitobióticos incrementa el porcentaje de acido propiónico y disminuyo la generación de acido acético. El ácido propiónico es el principal precursor de glucosa del metabolismo rumiante por lo que, el incremento ruminal de este acido fermentativo incrementa al aporte de energía (DeFrain et al., 2005). Este incremento de energía y de propionato podría eficientizar el aporte de energía al reducir las pérdidas de metano en rumen (Goel y Makkar, 2012). El CH_4 estimado en esta investigación, tuvo un efecto cuadrático (p= 0.067) reportándose que la dosis de inclusión de 0.500 % disminuye su generación. Algunos taninos presentes en las plantas han disminuido la producción de metano sin afectar las variables productivas (Cieslak *et al.*, 2012). Dhanasekaran *et al*. (2019) reportaron que los taninos tienen efecto bacteriostático en las arqueas metanogénicas al inhibir enzimas esenciales en su metabolismo energético. Las plantas que forman parte de este aditivo herbal han sido evaluadas de manera individual *in vitro* y se ha reportado que pueden disminuir la metanogénesis ruminal (Gupta *et al*., 2017).

Existe poca información sobre el efecto que tienen los fitobióticos en el aporte de energía de las raciones, sin embargo, debido a la mejora de los patrones de fermentación ruminal y a los beneficios que aportan en la microbiota (Frankic et al., 2009), podría teorizarse que algunos aditivos herbales pueden incrementar la energía aportada por las raciones, sugiriendo que una dosis más alta del fitobiótico podría tener mayores beneficios en el aporte energético.

CONCLUSIÓN

La adición de un fitobiótico formulado con *Chebulic myrobalan*, *Terminalia bellirica* y *Azadirachta indica* en una ración para corderos en finalización no beneficio el aporte energético ni la proporción de ácidos grasos volátiles, pero disminuyo la generación de CH_4. Se sugiere seguir realizando investigaciones que puedan determinar el efecto de la inclusión de fitobioticos en la disminución de CH_4.

REFERENCIAS

Amitava D., and Ghosh, T.K. (1992). Effect of HerbMix as a growth promoter in Kids. *Indian Journal of Indgenus. Medicine*, 9:73 – 76.

Cieslak A., Zmora P., Pers-Kamczyc E., Szumacher-Strabel M., (2012). Effects of tannin source (*Vaccinium vitis idaea L*.) on rumen microbial fermentation *in vivo*. *Animal Feed Science and Technology*, 176, 102–106.

DeFrain, J. M., Hippen, A. R., Kalscheur, K. F., & Patton, R. S. (2005). Effects of Feeding Propionate and Calcium Salts of Long-Chain Fatty Acids on Transition Dairy Cow Performance. Journal of Dairy Science, 88(3), 983–993.

Dhanasekaran, D.K., Dias-Silva, T.P., Abdalla Filho, A.L., Sakita, G.Z., Abdalla, A.L., Louvandini, H., & Elghandour, M.M. (2019). Plants extract and bioactive compounds on rumen methanogenesis. *Agroforestry Systems*, 1-13.

Frankič, T., Voljč, M., Salobir, J., & Rezar, V. (2009). Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Agriculturae Slovenica*, 94(2), 95–102.

Goel, G. and Makkar, H.P. 2012. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical animal health and production* 44(4):729-739.

Gupta, V.P., Kamra, D.N., Agarwal, N., & Chaudhary, L.C. (2017). *In vitro* Evaluation of Calcium Nitrate and a Blend of Plants Containing Secondary Metabolites for their Impact on Methanogenesis and Feed Fermentation. *Animal Nutrition and Feed Technology*, *17*(3), 399-408.

Hashemzadeh-Cigari, F., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Kadivar, M., Riasi, A., & Zebeli, Q. (2014). Effects of supplementation with a phytobiotics-rich herbal mixture on performance, udder health, and metabolic status of Holstein cows with various levels of milk somatic cell counts. *Journal of Dairy Science*, *97*(12), 7487-7497.

Luo, J., Feng, L., Zhang, W., Li, X., Chen, H., Wang, D., & Chen, Y. (2014). Improved production of short-chain fatty acids from waste activated sludge driven by carbohydrate addition in continuous-flow reactors: influence of SRT and temperature. *Applied energy*, *113*, 51-58.

McGinn, S.M., Flesch, T.K., Beauchemin, K.A., Shreck, A., & Kindermann, M. (2019). Micrometeorological Methods for Measuring Methane Emission Reduction at Beef Cattle Feedlots: Evaluation of 3-Nitrooxypropanol Feed Additive. *Journal of environmental quality*, 48(5), 1454-1461.

NRC. (1985). National Research Council. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth Revised Edition, National Academy of Sciences, Washington, D.C. USA.

Orzuna-Orzuna, J.F., Dorantes-Iturbide, G., Lara-Bueno, A., Mendoza-Martínez, G.D., Miranda-Romero, L.A., & Hernández-García, P. A. (2021). Effects of Dietary Tannins' Supplementation on Growth Performance, Rumen Fermentation, and Enteric Methane Emissions in Beef Cattle: A Meta-Analysis. *Sustainability*, 13(13), 7410.

Paengkoum P 2010: Effect of neem (*Azadirchta indica*) and leucaena (*Leucaena leucocephala*) fodders on digestibility, rumen fermentation and nitrogen balance of goats fed corn silage. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9(5): 883-886.

Patra, A. K., Sharma, K., Dutta, N., & Pattanaik, A. K. (2002). Effect of partial replacement of dietary protein by a leaf meal mixture containing *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* and *Azadirachta indica* on performance of goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(12), 1732-1737.

Patra, A.K., Lalhriatpuii, M., & Debnath, B.C. (2016). Predicting enteric methane emission in sheep using linear and non-linear statistical models from dietary variables. *Animal Production Science*, *56*(3), 574-584.

Razo-Ortiz, P.B., Mendoza-Martinéz, G.D., Vázquez-Silva, G, Osorio-Teran, A.I., González-Sánchez, J.F., Hernández-García, P.A., de la Torre- Hérnandez, M.E., Espinosa-Ayala, E. (2020). Polyherbal feed additive for lambs: effects on performance, blood biochemistry and biometry. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 419-424.

Wheeler. G.E. (1994). Evaluation of a HerbMix as a feed ingredient for optimising liver function and Growth in veal calves. *Indian J. Indg. Med*, 10:27-30.

Zinn, R.A., Barreras, A., Owens, F.N., Plascencia, A. (2008). Performance by feedlot steers and heifers: daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetics. *Journal of Animal Science,* 86(10): 2680-2689.

EFECTO DEL ACEITE MARINO EN OVINOS EN LA PREDICCIÓN DE METANO POR ESTEQUIOMETRÍA DE LA FERMENTACIÓN

Díaz G.C[1,2*]., Mendoza M.G[1]., Hernández G.P.A[2]., Razo O.P.B[2]., Vázquez S.G[3]., de la Torre-Hernández M. E[4]., Díaz F.K[2].

[1]Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México.
[2]Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México.
[3]Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México.
[4]CONACYT-UAM Xochimilco, CDMX, 04960, México

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de aceite marino en la dieta de ovinos en finalización sobre la producción de metano. Para esta investigación se utilizaron 24 ovinos (30 ± 0.64 kg de peso vivo), fueron aleatorizados y alojados en jaulas individuales provistas de comedero y bebedero. Los tratamientos evaluados fueron 0, 1, 2 y 3% de aceite marino, se colectó líquido ruminal para determinar la concentración de ácidos AGV por cromatografía de gases, se estimó la producción de CO_2 y CH_4. Los resultados fueron analizados siguiendo un diseño completamente al azar. Se observó que la inclusión del 3% de aceite marino disminuyo la producción de ácido acético y butírico, incrementando el propiónico. Así mismo se presentó menor producción de CH_4 respecto al tratamiento testigo. Por lo cual puede ser una alternativa a emplear en la dieta de rumiantes con la finalidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Introducción

El metano (CH_4) es un gas de efecto invernadero generado en el rumen, así como el hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y ácido fórmico productos del proceso de fermentación entérica (Hristov *et al*., 2013; Danielsson *et al*., 2017). Dentro del rumen las arqueas metanogénicas utilizan el H_2 reduciendo a CO_2 para la producción de metano, incrementando los niveles de gases de efecto invernadero (Danielsson *et al*., 2017). Durante el proceso de fermentación entérica, aproximadamente del 2 al 12% de la energía consumida es convertido a metano durante el proceso de digestión ruminal, contribuyendo de esa manera al 6% de la emisión de gases de origen antropogénico (Beauchemin *et al*., 2020). Debido a esta situación se han buscado alternativas alimenticias las cuales disminuyan las emisiones de metano, tales como la manipulación dietaria (Caro *et al*., 2016), inhibidores químicos que afecten la metanogénesis ruminal (Kumar *et al*., 2014), la selección genética de animales que produzcan menores emisiones de metano (de Haas *et al*., 2011; González-Recio *et al*., 2020). En este contexto el uso de aceites con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados n-3 como el aceite marino, se ha caracterizado por su alta concentración de ácidos grasos insaturados de cadena larga han mostrado su potencial en la disminución de la metanogénesis ruminal (Fievez *et al*., 2003). Los modelos basados en estequiometria de la fermentación, según Moss y Givens (2002) se han usado para predecir la producción de metano, implicando una relación negativa entre la proporción molar de propionato y la excreción de metano por unidad de sustrato fermentado. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la adición de aceite marino en ovinos sobre la producción de metano.

Material y métodos

* *Cesar Díaz Galván. Calzada del Hueso 1100, 04960, Ciudad de México. cesarwardi14@gmail.com, (55)25194592.

Esta investigación se llevó a cabo en la Posta zootécnica y en las instalaciones del Laboratorio Multidisciplinario de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México. Para este estudio se emplearon 24 ovinos criollos con un peso promedio de 30 ± 0.64 kg de peso vivo, fueron alojados en jaulas individuales provistas de comedero y bebedero. Los animales previo al estudio experimental fueron vitaminados (Vit. ADE 0.5 ml/animal) y desparasitados (ivermectina en una dosis de 0.5 ml/animal). Fueron aleatorizados en cuatro tratamientos de seis repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en: un grupo testigo 0 % (sin aceite) y la inclusión de 1, 2 y 3 % de aceite marino en una dieta de finalización, la cual estaba conformada por una relación forraje:concentrado de 25:75, con un 14.5% de PC, FDN 27.4%, FDA 15.4%, la cual fue completamente mezclada y elaborada siguiendo los requerimientos establecidos por el NRC, (2007) con una ganancia diaria de 250 g/d. Los animales fueron adaptados durante un periodo de 15 días a la dieta experimental. El alimento se les proporciono dos veces al día con un horario de 9:00 am y 16:00 pm y con agua limpia *ad libitum*.

Al final del experimento se colectó líquido ruminal de manera preprandial empleando una sonda esofágica para determinar la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) mediante la técnica de cromatografía de gases (Erwin *et al*., 1961) empleando un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Clarus 580) utilizando una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm (Agilent Technologies, modelo HP–FFAP) y nitrógeno como gas acarreador. Con los datos obtenidos se estimó la producción de CO_2 y CH_4, de acuerdo con la metodología propuesta por Van Soest. (1994). Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética y Bioética de Investigación en el acta 09/2019 del espacio universitario de la UAEM, de acuerdo con el reglamento de la Ley de Protección a los Animales del Estado de México, México. Los resultados fueron analizados siguiendo un Diseño Completamente al Aleatorizado, con un nivel de significancia de $P<0.05$ empleando el software R (Mirman 2016).

Resultados y discusión

Respecto a la producción de ácidos grasos volátiles, la inclusión del 3% de aceite marino mostró una disminución del 11% en ácido acético, además de un aumento del 53% en propiónico con una reducción del 25% en butírico (Figura 1).

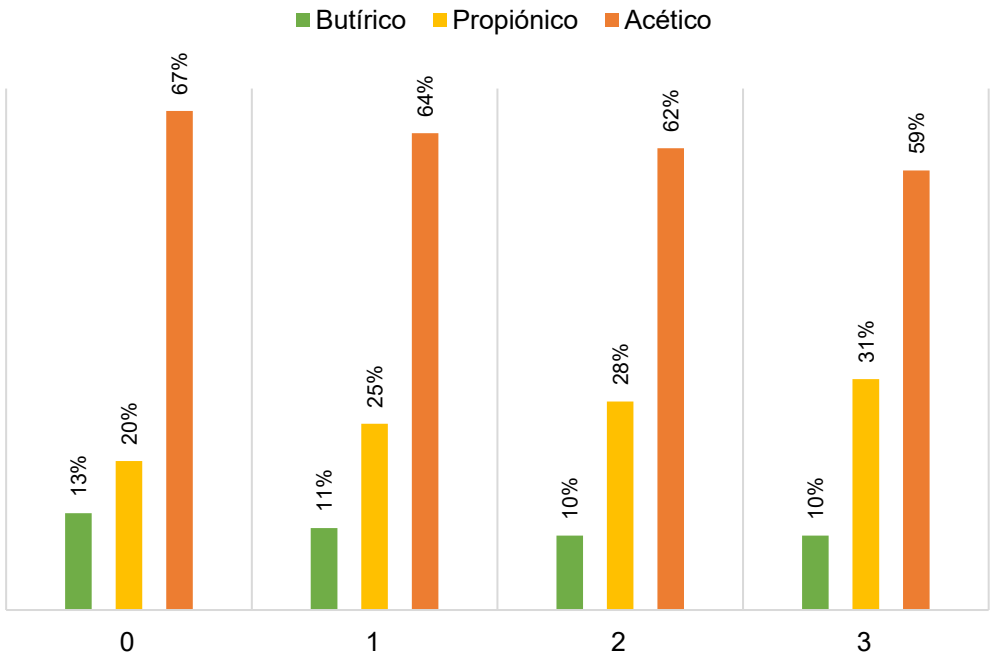


Figura 1. Producción de ácidos grasos volátiles por la adición de aceite marino

Por otra parte, la producción de CO_2 y CH_4 (Figura 2) presentó una disminución del 10.2 y 22.8% respectivamente a dosis de 3%, esto debido a que se observó una disminución en ácido acético con un incremento en propiónico, disminuyendo las concentraciones de H_2 metabólico indispensable para la metanogénesis. Se ha reportado que la eficacia de los aceites sobre la metanogénesis ruminal varia considerablemente dependiendo de la concentración, tipo y composición de los ácidos grasos del tipo de aceite empleado (Machmuller, 2006; Beauchemin *et al.*, 2008). Estudios realizados han reportado reducciones en la producción de metano ruminal con la suplementación de aceites, especialmente

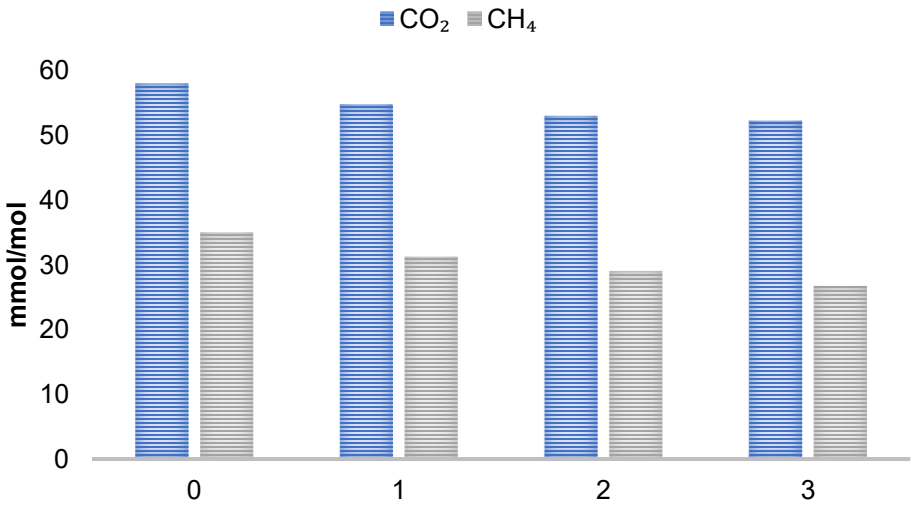


Figura 2. Estimación de la producción de metano y dióxido de carbono con la adición de aceite marino

aquellos aceites ricos en cadena media (≤C_{14}) o larga (>C_{14}) (Fievez *et al*., 2003; Jordan *et al*., 2006; Machmuller, 2006). Del mismo modo Dohme et al. (2000) mencionan que la suplementación de aceites con elevado contenido de ácidos grasos de cadena media han mostrado reducciones en la producción de metano así como de las poblaciones de protozoarios ruminales e inhibición de metanógenos por ácidos grasos insaturados de 18 carbonos por la competencia del uso de hidrógeno para la biohidrogenación de ácidos grasos insaturados (Beauchemin *et al*., 2008;2009). Por su parte, Martin et al. (2010) reportaron en su estudio una reducción del 3.8% en la producción de metano por cada 10 g/kg de suplementación de lípidos.

Conclusión

La inclusión del 3% de aceite marino mostró una disminución de metano y dióxido de carbono debido a la menor producción de ácido acético con un incremento en propiónico respecto al tratamiento control, por lo cual se sugiere la realización de futuras investigaciones con la finalidad de determinar una dosis óptima sin afectar el comportamiento productivo.

Literatura citada

1. Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 21-27.
2. Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Benchaar, C., & Holtshausen, L. (2009). Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. Journal of Dairy Science, 92(5), 2118-2127.
3. Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Eckard, R. J., & Wang, M. (2020). Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. Animal, 14(S1), s2-s16.
4. Dohme, F., Machmüller, A., Wasserfallen, A., & Kreuzer, M. (2000). Comparative efficiency of various fats rich in medium-chain fatty acids to suppress ruminal methanogenesis as measured with RUSITEC. Canadian Journal of Animal Science, 80(3), 473-484.
5. Erwin, E. Marco, G. Emery, E. (1961). Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. Journal of Dairy Science, 44(9), 1768–1771.
6. Fievez, V., Dohme, F., Danneels, M., Raes, K., & Demeyer, D. (2003). Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. Animal Feed Science and Technology, 104(1-4), 41-58.
7. Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., & Tricarico, J. M. (2013). Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. Journal of Animal Science, 91(11), 5045-5069.
8. Jordan, E., Lovett, D. K., Monahan, F. J., Callan, J., Flynn, B., & O'mara, F. P. (2006). Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers. Journal of Animal Science, 84(1), 162-170.
9. Machmüller, A. (2006). Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. Agriculture, Ecosystems & Environment, 112(2-3), 107-114.
10. Martin, C., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. Animal, 4(3), 351-365.
11. Mirman, D. (2016). Growth curve analysis and visualization using R. Chapman & Hall/CRC The R Series. CRC Press. Taylor & Francis Group.
12. Moss, A. R., & Givens, D. I. (2002). The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. Animal Feed Science and Technology, 97(3-4), 127-143.
13. NRC. (2007). National Research Council, Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washinton, DC: National Academy Press.
14. Van Soest, P. J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. 2a ed. Ed. Ithaca. Cornell University Press. Pp. 374-380.

15. Caro, D., Kebreab, E., & Mitloehner, F. M. (2016). Mitigation of enteric methane emissions from global livestock systems through nutrition strategies. Climatic Change, 137, 467-480.
16. Danielsson, R., Dicksved, J., Sun, L., Gonda, H., Müller, B., Schnürer, A., & Bertilsson, J. (2017). Methane production in dairy cows correlates with rumen methanogenic and bacterial community structure. Frontiers in Microbiology, 8, 226.
17. de Haas, Y., Pszczola, M., Soyeurt, H., Wall, E., & Lassen, J. (2017). Invited review: Phenotypes to genetically reduce greenhouse gas emissions in dairying. Journal of Dairy Science, 100(2), 855-870.
18. González-Recio, O., López-Paredes, J., Ouatahar, L., Charfeddine, N., Ugarte, E., Alenda, R., & Jiménez-Montero, J. A. (2020). Mitigation of greenhouse gases in dairy cattle via genetic selection: 2. Incorporating methane emissions into the breeding goal. Journal of Dairy Science, 103(8), 7210-7221.
19. Kumar, S., Choudhury, P. K., Carro, M. D., Griffith, G. W., Dagar, S. S., Puniya, M., & Puniya, A. K. (2014). New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. Applied Microbiology and Biotechnology, 98, 31-44.

EFECTO DEL ENSILAJE SOBRE LA DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE MALVA (*Malva parviflora*)

*Pastrana G.V., Montoya F.M.D., Luna E.A.A., Buendía R.G., Espinosa M.M.A.

Resumen

El uso continuo y excesivo de compuestos químicos para controlar las malezas, también conocidas como arvenses, ha llevado a la aparición de resistencia a los herbicidas. Una de las prácticas amigables con el medio ambiente es el manejo integrado de estas plantas, que propone la conservación a través del ensilaje. Sin embargo, se requieren estudios para determinar el efecto del ensilaje sobre la degradabilidad de los nutrientes que poseen estas especies vegetales. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del proceso de ensilaje en la digestibilidad *in vitro* de la malva (*Malva parviflora*). La técnica de digestibilidad *in vitro* se realizó con el incubador Ankom Daisy II para determinar las digestibilidades de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC) y fibra detergente neutro (DFDN). Se empleó un análisis de varianza bajo un diseño factorial aleatorizado que incluyó los factores: Tratamiento= Ensilado y fresco, Periodo= De corte 1 y 2, Inóculo= Líquido ruminal (3 ovinos). Las variables de digestibilidad se analizaron mediante el procedimiento GLM del programa SAS con un nivel de significancia de $P<0.05$. Los resultados mostraron que el proceso de ensilaje no tuvo efecto en el porcentaje de DMS y DMO ($P>0.05$) y la DPC se redujo ($P<0.05$) en comparación con el sustrato fresco. Sin embargo, la DFDN del ensilado en comparación con la planta fresca fue mayor ($P<0.05$), esta diferencia sugiere mayor proliferación de microorganismos celulolíticos que promovieron la degradación eficiente del sustrato ensilado. Estos resultados brindan información sobre la calidad nutritiva de la especie *Malva parviflora* que sugieren que el proceso de ensilaje favoreció la exposición de los componentes de la pared celular, lo cual incrementó la fermentación de los carbohidratos estructurales. En conclusión, la malva analizada bajo tratamiento ensilado puede ser ideal para realizar a futuro estudios *in vivo* para evaluar su potencial nutrimental como un complemento en la dieta de rumiantes.

INTRODUCCIÓN

Las arvenses son plantas conocidas como malas hierbas o malezas, su proliferación en campos agrícolas interfiere en el crecimiento y desarrollo del cultivo principal (Mascorro-de Loera *et al.,* 2019). Baker (1965) destacó la capacidad de las arvenses para germinar en condiciones ambientales adversas, mediante la adaptación de sus estructuras y poder diversificar sus órganos de propagación, su alta producción de semillas, la germinación discontinua, el rápido crecimiento desde la fase vegetativa hasta la floración, su capacidad competitiva respecto a otras plantas y su actividad alelopática. En el transcurso del tiempo estas características les han conferido varios usos, se han identificado especies de arvenses con propiedades medicinales, con potencial insecticida y también se han designado como alimento para humanos y animales (Ramos *et al*., 2019). Otros estudios se han centrado en identificar los beneficios de las arvenses sobre el suelo donde se desarrollan. Scavo y Mauromicale (2020) identificaron que las arvenses con un sistema radicular profundo y extenso como los presentes en las especies *Digitaria* spp., *Cynodon* spp., *Agropyron* spp. y *Echinochloa crus-galli* (L.) pueden mejorar la conformación del suelo al reducir la erosión y evitar la lixiviación de minerales, contribuyen a conservar la humedad e incrementan la infiltración y la capacidad de retención de agua y también participan en el ciclo de nutrientes al promover interacciones con especies herbívoras y polinizadores.

Por las ventajas mencionadas, se considera a las arvenses como un elemento manejable del agroecosistema. Sin embargo, algunos han buscado su erradicación basada principalmente en la aplicación de herbicidas de origen sintético que producen compuestos tóxicos que favorecen la resistencia de las arvenses a sustancias activas de los herbicidas. Bajo ese escenario, actualmente se propone utilizar prácticas amigables con el ambiente que reduzcan el uso de herbicidas y paralelamente, permitan aprovechar sus beneficios. El corte de arvenses ha mostrado reducir el número de semillas producidas por planta al disminuir el número de macollos. Las arvenses que han sido cortadas pueden conservarse a través del henificado o se pueden ofrecer como alimento fresco a rumiantes. Sin embargo, estas dos

* Pastrana González Vianey. Prol. Independencia Sur SN CP.7, Santa Rosa Jauregui, Querétaro, CP. 76220. 2133060001@alumnos.xoc.uam.mx, (712) 293 2121.

presentaciones son una fuente potencial de propagación de semillas viables, ya que las semillas que no se consumen caerán al suelo para comenzar nuevamente la germinación (Piltz *et al*., 2021). El ensilaje como método de conservación de arvenses es una estrategia incluida en el manejo integrado de malezas (Integrated Weed Management, IWM por sus siglas en inglés) (Hahn *et al*., 2021). Este método permitió disminuir la viabilidad de las semillas con un porcentaje de germinación menor al 2% (Piltz *et al*., 2017; Piltz *et al*., 2019). Realizar el ensilaje de arvenses genera dos beneficios directos para el productor, el control de las arvenses en sus terrenos y tener una fuente de forraje para complementar la alimentación de su ganado.

Diversos autores han evaluado la composición química de especies arvenses, Díaz *et al.* (2021) identificaron el potencial forrajero de *Tithonia tubiformis, Cosmos bipinnatus* y *Tagetes lucida*. Este trabajo coincide con lo reportado por Piltz et al. (2017), quienes determinaron que la especie *Tagetes lucida* incluida en la dieta de ganado ovino aportó un incremento en 18% de proteína. Rodríguez *et al.* (2017) identificaron que la arvense *Malva parviflora L*. tiene potencial forrajero por su concentración de proteína cruda (22%), considerando a esta planta como un forraje alto en proteína.

Buendía y colaboradores (2020a) también realizaron un análisis de la composición química de las arvenses. Se encontró que los valores de materia seca, materia orgánica y energía se mantienen en estado fresco y al ensilar. No obstante, se identificó un decremento de los valores de proteína cruda en las arvenses ensiladas (*Amaranthus viridis*, *Chenopodium berlandier* y *Malva parviflora*), así como un incremento de la fibra detergente neutro. Martínez y colaboradores (2017) mencionan que los productores de pequeña escala en las zonas templadas de México emplean arvenses en la dieta de rumiantes debido a que existe gran disponibilidad durante épocas específicas del año. Buendía y colaboradores (2021b) usaron una mezcla de las arvenses: *Amaranthus viridis*, *Chenopodium berlandier* y *Malva parviflora* ensiladas, para complementar la dieta en ganado ovino con una inclusión del 30% del consumo. Los resultados mostraron que se puede alimentar a ovinos en finalización y mantener ganancias de peso similares a ovinos alimentados con ensilado de maíz.

A partir de estos resultados, se requieren más estudios sobre digestibilidad que permitan identificar la composición de nutrientes presentes en arvenses que tienen mayor presencia en los cultivos de uso agrícola. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue comparar la digestibilidad *in vitro* de los nutrientes de malva en condición fresca y ensilada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; ubicado en el km 1 carretera a Colón, Querétaro.

Tratamientos

La especie evaluada fue *Malva parviflora*. Las muestras fueron colectadas en el estado de Hidalgo en dos periodos de corte 1) floración y 2) 30 días posteriores al primer periodo, las muestras de ambos periodos fueron conservadas en fresco y mediante la técnica de ensilaje.

Técnica de digestibilidad *in vitro* con el incubador Ankom Daisy II

Las muestras fueron secadas previo a su envío al laboratorio. Todas las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas y posteriormente se molieron en un molino Thomas-Wiley utilizando una criba de 1 mm. Se usaron bolsas filtro (F57, Ankom) con un tamaño de poro de 5µm y se agregaron 0.5 g de muestra. Los donadores de líquido ruminal fueron 3 ovinos con un peso promedio aproximado de 50 kg. Los animales se alimentaron durante 15 días con una dieta de concentrado (40%) y heno (60%). La extracción de líquido ruminal se realizó a las 08: 00 am estando los ovinos en ayuno. Se empleó una sonda provista con orificios en el extremo de contacto con el rumen para evitar que los restos de alimentos obstruyeran el paso de líquido. La sonda fue introducida vía oral con apoyo de un abreboca para facilitar el acceso al esófago. Al otro extremo de la sonda, se colocó un matraz Kitasato que resguardó la muestra mientras se empleaba una bomba de succión para facilitar la extracción. Por cada ovino se colectaron 500 ml de líquido ruminal que se trasladaron al laboratorio en un termo. En el laboratorio el líquido fue molido y se filtró a través de 6 capas de gasa, cuidando en todo momento el suministro de dióxido de carbono (CO_2). En una probeta graduada se midió el líquido ruminal que se expuso a presencia

de CO_2. Posteriormente, el líquido ruminal se agregó a la jarra de digestibilidad que contenía las soluciones buffer previamente preparadas siguiendo la metodología del incubador Ankom Daisy II (ADII; Ankom Technology Corporation Fairport, NY, USA). Las jarras de digestión se cerraron y se colocaron en el incubador Daisy previamente calentado a 39 ± 0.5 ºC, por un periodo de 48 horas.
Los análisis de materia seca y materia orgánica, proteína cruda y para fibra detergente neutro se realizaron siguiendo las metodologías AOAC (942.05,1990), AOAC (991.20, 2006), y Goering y Van Soest (1970) adaptadas para Ankom 2000 Technology.

Diseño experimental
Las variables de respuesta fueron los porcentajes de digestibilidad *in vitro* para materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC) y fibra detergente neutro (DFDN). El diseño experimental fue completamente aleatorizado con un arreglo factorial 2x2x3. Se consideraron como factores el tratamiento = muestras ensiladas vs en fresco, el periodo = de corte 1 vs el corte 2 y el inóculo = líquido ruminal proveniente de diferente ovino, 1 vs 2 vs 3.

Análisis estadístico
Previo al análisis de datos, se evaluó la distribución de la normalidad y homogeneidad de los residuales del análisis de varianza en cada variable con las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk. Se realizó la transformación de los datos en el caso de las variables con diferencias en homogeneidad de varianzas o sin normalidad.
Los análisis fueron realizados bajo el procedimiento de modelos lineales generales del programa SAS versión 9.4. El modelo incluyó: el periodo de cosecha (P), inóculo de líquido ruminal (I), tratamiento (T) y las interacciones: T*P, T*I y P*I. Se consideró un valor estadísticamente significativo de P<0.05.

RESULTADOS

En el análisis estadístico el tratamiento (ensilado y fresco) fue el único factor con efecto significativo (P<0.0001), para los factores de periodo e inóculo, así como las interacciones; T*P, T*I y P*I no hubo efecto (P> 0.05). El Cuadro 1 muestra los porcentajes de DMS, DMO, DPC y DFDN de *M. parviflora*. El tratamiento de *M. parviflora* ensilado no mostró diferencia en la DMS y DMO respecto al tratamiento fresco (P>0.05). En el caso de la DPC del ensilado de *M. parviflora* se presentó una disminución significativa (P<0.05) de 14.13% respecto al fresco. En tanto, la DFDN del tratamiento ensilado fue superior al fresco (P<0.05).

Cuadro 1**.** Digestibilidad *in vitro* de *Malva parviflora*.

	Malva parviflora			
Digestibilidad (%)	**Fresco**	**Ensilado**	**EEM**	**P - valor**
DMS	67.86*	65.63♦	1.37	0.1552
DMO	70.33•	68.92*	1.12	0.5938
DPC	79.38a#	65.25b■	1.13	0.0145
DFDN	48.06b#	55.78a#	0.004	<0.0001

DMS: Digestibilidad de la materia seca; DMO: Digestibilidad de la materia orgánica; DPC: Digestibilidad de la proteína cruda; DFDN: Digestibilidad de la fibra detergente neutro. Valor estadísticamente diferente (P<0.05). **EEM**: Error Estándar de la Media. Los símbolos superíndice representan la cantidad de muestra para cada variable: #n= 2, •n= 3, ■n= 4, *n= 6, ♦n=12.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La calidad nutritiva de un ensilado depende intrínsecamente de las propiedades de la planta, pero está influenciada por el desarrollo de las cuatro fases de ensilaje. La experiencia de ensilar especies gramíneas y leguminosas sugiere que se debe considerar el estado fenológico de la planta para elegir el momento óptimo de cosecha, ya que la cantidad de sustrato disponible para la fermentación está relacionada con el estado de madurez de la planta (Horst *et al.,* 2021). Uno de los parámetros que determina la calidad del

ensilado es la digestibilidad de la materia seca (Iqbal *et al.,* 2020) y en este estudio, se observó que el proceso de ensilaje no tuvo un efecto negativo sobre la DMS en comparación con el tratamiento fresco de *M. parviflora*. La DMS del ensilado de *M*. *parviflora* fue mayor a lo reportado por Purwin *et al.* (2021) para la especie *Virginia fanpetals,* arvense perteneciente a la familia *Malvaceae*, (65.63% y 19.9%, respectivamente). Por otra parte, la DMS del ensilado de *M. parviflora* fue ligeramente superior a lo reportado por Pastrana y sus colaboradores (2022) para las arvenses ensiladas *Amaranthus viridis* y *Chenopodium berlandier* (60.20% y 62.54%, respectivamente). Esta diferencia, puede estar relacionada con el nivel de madurez de cada especie al momento del corte, ya que en un forraje maduro incrementan las interacciones de lignina, celulosa y hemicelulosa (Hoffman, *et al*., 2007); estos componentes de la pared celular no pueden ser usados como sustratos en la fase fermentativa del ensilaje (Rooke y Hatfield, 2003) y durante la digestión ruminal funcionan como una barrera física que evita la acción enzimática de las bacterias ruminales (Buxton y O'Kiely, 2003), por lo que afectará la digestibilidad de dicho forraje.

Los resultados para la DMO de 68.92% para el ensilado de *M. parviflora*, se acercan a los obtenidos de Purwin *et al.* (2021) quienes mostraron un valor de 73.7% para la DMO del ensilado de la especie *Virginia fanpetals*; los resultados del presente estudio son mayores a lo reportado por Pastrana *et al.* (2022) quienes obtuvieron una DMO de 63.05% para *Amaranthus viridis* y 62.02% para *Chenopodium berlandier.* Niderkorn y Baumont (2009) mencionan que la combinación de forrajes con altos niveles de lignina, como el ensilaje de rastrojo de maíz con otras especies forrajeras más nutritivas como veza común (*Vicia sativa* L.) o alfalfa (*Medicago sativa* L.), puede incrementar la DMS debido a su contenido de proteína cruda y carbohidratos solubles; estos últimos nutrientes, tienen un impacto sobre la digestibilidad y eficiencia de la síntesis de proteína microbiana, ya que la energía generada en el rumen está relacionada con la fermentación de carbohidratos solubles y los carbohidratos estructurales (Noziere *et al.,* 2010).

Respecto a la DPC para el ensilado de *Malva parviflora* no se encontró evidencia de estudios previos, no obstante, Purwin *et al.* (2021) mostraron un valor de 69.8% para *Virginia fanpetals*, planta que ha tomado relevancia por sus características nutricionales bajo tratamiento ensilado. En tanto, el ensilado de *M. parviflora* tuvo una mayor DFDN (55.78%) respecto a *M. parviflora* fresca (48.06%), nuestros resultados se relacionan con la investigación realizada por Purwin *et al*. (2022), quienes evaluaron la digestibilidad de ensilado de *V. fanpetals* frente al ensilado de alfalfa; encontraron que la DFDN es mayor en el ensilado de *V. fanpetals* debido a un menor grado de lignificación, ya que su concentración de FDN (37.8 %) fue más baja que en el ensilado de alfalfa (46.6%). Este resultado muestra que el proceso de ensilaje favorece la exposición de los componentes de la pared celular y por lo tanto incrementa la fermentación de los carbohidratos estructurales.

Bajo las condiciones de este estudio, el tratamiento ensilado de *Malva parviflora* no afectó el porcentaje de DMS y DMO, aunque disminuyó la DPC en comparación con el tratamiento fresco. No obstante, para esta arvense el proceso de ensilaje parece favorecer la exposición de los componentes de la pared celular, lo cual incrementó la fermentación de los carbohidratos estructurales y no estructurales. Por lo anterior, se considera que *M. parviflora* bajo tratamiento de ensilaje puede ser ideal para realizar a futuro estudios *in vivo* que permitan incluirla como un complemento accesible en la dieta de rumiantes para aumentar el contenido de PC digestible y la concentración de carbohidratos solubles en beneficio de los rumiantes.

En conclusión, es importante mencionar que hoy en día se orienta la búsqueda de recursos forrajeros resilientes a los cambios climáticos y que puedan satisfacer los requerimientos nutricionales de rumiantes. En este aspecto, los resultados obtenidos permiten sugerir que la malva ensilada se puede considerar como una estrategia de complementación en la alimentación de rumiantes y bajo este manejo integrado, reducir el uso de agentes químicos usados en el control de malezas.

LITERATURA CITADA

AOAC (1990). Ash of Animal Feed. (942.05). Official Methods of Analysis. Association of Official
Baker, G. (1965). Characteristics and modes of origin of weeds. *The genetics of colonizing species*, 147-168.
Buendía, G., Montoya, D., Espinoza, M., y Vallejo, L. (2021a). Valor nutricional de ensilado de arvenses, una alternativa de alimentación para ovinos. INIFAP, Folleto Número 1.
Buendía, G., Espinoza, M., y Montoya, D. (2021b). Uso de ensilado de arvenses en la alimentación de ganado ovino. INIFAP, Folleto Número 2.
Buxton, R., y O'Kiely, P. (Eds.). (2003). Preharvest plant factors affecting ensiling. *Silage science and technology*, 42, 199-250.
Diaz, L., Colín, V., Arriaga, C., Brunett, L., Vázquez, B. y Estrada, J. (2021). *In vitro* nutritional quality and antioxidant activity of three weed species as feed additives for sheep in the Central Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, *53*(3), 1-9.
Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications) (No. 379). US Agricultural Research Service.
Hahn, J., de Mol, F., y Müller, J. (2021). Ensiling reduces seed viability: implications for weed management. *Front. Agron*. 3:708851. doi: 10.3389/fagro. 2021.708851
Hoffman, C., Lundberg, M., Bauman, M., Shaver, D., y Contreras-Govea, E. (2007). El efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (fibra detergente neutro). *Focus on Forage*, 5(15), 1-2.
Horst, H., Bumbieris Junior, H., Neumann, M., y López, S. (2021). Effects of the harvest stage of maize hybrids on the chemical composition of plant fractions: An analysis of the different types of silage. *Agriculture*, 11(8), 786.
Iqbal, A., Ali, S., El Sabagh, A., Ahmad, Z., y Siddiqui, M. H. (2020). Changing Climate and Advances on Weeds Utilization as Forage: Provisions, Nutritional Quality and Implications. En El-Shafie, H. (Ed.), *Invasive Species* - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options (113-126). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.87502
Martínez, R., Castelán, O., González, M., y Estrada, J. (2017). Determinación de la calidad nutritiva, fermentación in vitro y metabolitos secundarios en arvenses y rastrojo de maíz utilizados para la alimentación del ganado lechero. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 525-536.
Mascorro-de Loera, D., Ferguson, G., Perales, R., y Charbonnier, F. (2019). Herbicidas en la milpa: Estrategias de aplicación y su impacto sobre el consumo de arvenses. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 477-486.
Niderkorn, V., y Baumont, R. (2009). Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal*, 3(7), 951-960.
Noziere, P., Ortigues-Marty, I., Loncke, C., y Sauvant, D. (2010). Carbohydrate quantitative digestion and absorption in ruminants: from feed starch and fibre to nutrients available for tissues. *Animal*, 4(7), 1057-1074.
Piltz, W., Bailes, L., Boschma, P., y Weston, A. (2021). The impact of ensiling at different moisture contents on germinability and viability of selected Weed Species' Seeds. *Agronomy*, 11(8), 1639.
Piltz, W., Flinn, J., y Weston, A. (2019). Comparative effects of grazing, herbicide or forage conservation on barley grass content in *Trifolium subterraneum L.* clover-based pasture. *Crop and Pasture Science*, 70(9), 800-806.
Piltz, W., Stanton, A., y Wu, H. (2017). Effect of ensiling and *in sacco* digestion on the viability of seeds of selected weed species. *Weed Research*, *57*(6), 382-389.
Purwin, C., Starczewski, M., Borsuk, M., Nogalski, Z., Opyd, P., Mazur-Kuśnirek, M., y Białobrzewski, I. (2021). The quality, intake, and digestibility of *Virginia Fanpetals* (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) silage produced under different technologies and its effect on the performance of young cattle. *Animals*, 11(8), 2270.
Purwin, C., Sulewicz, M., Nogalski, Z., Baranowska, M., Zygmuntowicz, A., y Michalski, J. (2022). Digestibility and palatability of *Virginia fanpetals* (*Sida hermaphrodita* R.) silage in sheep. *Archives Animal Breeding*, 65(1), 89-96.
Ramos, L., Garibay, G., y Curiel, A. (2019). Identification, collection and consumption of weeds and wild vegetables in Mexican communities: institutionalized local ancestral indigenous knowledge as ecological literacy, place and identity. *Cultural Studies of Science Education*. 14, 1011-1030.

Rodríguez, B., Núñez, R., Torres, N., Andrade, M., Rojas, A., Freire, V. y Iraola, J. (2017). Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro* de arvenses con potencial forrajero. *Development*, *29*, 4.
Rooke, A., y Hatfield, D. (2003). Biochemistry of ensiling. *Silage science and technology*, 42, 95-139.
Scavo, A., y Mauromicale, G. (2020). Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy,* 10(4), 466.

“

EFECTO DE LA ADICIÓN DE SABORIZANTES EN UN SUPLEMENTO SOBRE LA PALATABILIDAD DE BOVINOS EN LACTANCIA"

Pérez S. R.[1], Bello M. C. E[4], González T. A. M[1,2]., Martínez R. R. E.[3], De la Rosa R. Ma. A[2], *Garzón P. C.[1]

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México Departamento de Ciencias Pecuarias[1], Centro de Enseñanza Agropecuaria[2] y Departamento de Ciencias Biológicas[3]. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México. Robertet de México, S.A. de C.V.[4]

Resumen

La adición de saborizantes a los ingredientes o las dietas ofertadas a los animales podrían mejorar el consumo de alimento al mejorar la percepción sensorial al modificar el sabor, el olor o ambos, en el caso del ganado lechero se ha reportado el desarrollo importante de papilas gustativas y la percepción de cinco sabores básicos: dulce, salado, amargo, agrio y umami. Durante la transición de lactancia al destete en becerros, podría utilizarse un esquema de alimentación progresiva (creep feeding) que permita la transición en una forma más efectiva, en este periodo, existe la necesidad de contar con estrategias de alimentación que favorezcan el consumo, por lo que, los saborizantes adicionados podrían ofrecer esta posibilidad. En el presente trabajo, se utilizaron cinco bovinos lactantes del área de recría pertenecientes al Módulo de Bovinos del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, a los que se les ofertaron cuatro suplementos formulados con el 19% de Proteína Cruda y 2.8 Megacalorías de Energía Metabolizable, uno de ellos fue adicionado con agua como control y a los tres restantes tres saborizantes artificiales grado alimenticio: sabor mantequilla, sabor vainilla y sabor crema. Se realizaron 25 pruebas de palatabilidad por un periodo de 10 minutos utilizando un método de orden de alimentación de muestras múltiples (método de cafetería) para registrar la latencia al primer consumo, la duración del consumo, la frecuencia de visitas a cada comedero y el consumo de cada suplemento, el análisis estadístico comprendió un análisis de varianza considerando el efecto fijo del tratamiento, el efecto fijo de número de prueba considerado como bloque y el efecto aleatorio de animal utilizando la función PROC MIXED del paquete estadístico SAS, realizándose comparaciones de medias de mínima significancia entre tratamientos y la significancia de la variabilidad entre becerros. Los resultados no mostraron diferencia significativa para las variables debidas al saborizante pero si se observó una diferencia entre animales, por lo que, se concluye que la adición de saborizantes de mantequilla, crema y vainilla, así como, la adición de agua en los suplementos para becerros lactantes, no tienen un efecto sobre la latencia al primer consumo, la duración del consumo, la frecuencia de visitas a cada comedero y el consumo; sin embargo, si se puede observar una diferencia significativa en estas variables a nivel individual.

Introducción

* *Garzón Pérez César. Calle Durango No. 2 Col. Roma, Alcaldía Cuauhtémoc, CP. 06700, Ciudad de México. smpda@comunidad.unam.mx, 01(55)13872901

El comportamiento del consumo de alimento en los animales está determinada por el hambre y por la saciedad, en cuanto a la primera, puede definirse como un estado de alerta ante la necesidad aguda de satisfacer los requerimientos de nutrientes, dicha necesidad, responde básicamente a dos clases de estímulo fisiológico: las necesidades cuantitativas y las necesidades cualitativas (aminoácidos, vitaminas, entre otros), una vez que se han cubierto se puede hablar entonces de saciedad; por otro lado, es necesario contemplar además al apetito como el disfrute anticipado del acto de comer, este responde a los estímulos producidos por las características de los alimentos que pueden ser percibidas por los sentidos de los animales (olor, sabor, aspecto, textura) y que permiten que un alimento pueda ser consumido en mayor o menor cantidad independientemente de su valor nutritivo (Mesas, 2011); sin embargo, se ha observado que la preferencia sensorial varia notablemente entre las especies (Bondi, 1988).

Considerando lo anteriormente mencionado, la adición de saborizantes a los alimentos o a las dietas utilizadas en la alimentación animal, puede representar una estrategia que permita mejorar la percepción sensorial de los alimentos y estimular el consumo de alimento, ya que, estos modifican el sabor, el olor o ambos (Shimada, 2003); tomando en cuenta que para los bovinos, específicamente para el ganado lechero, se ha reportado un gran desarrollo de las papilas gustativas y la percepción de cinco sabores básicos: dulce, salado, amargo, agrio y umami, la inclusión de saborizantes en suplementos para terneros que se encuentran en lactancia podría favorecer el aumento en el consumo de alimento (Díaz, 2020), esta situación bajo un esquema de alimentación progresiva *(*creep feeding) para promover el consumo en adición a la provisión de nutrientes toma gran importancia (Pugh et al., 2001). Un componente importante en los programas exitosos de crianza de terneros es la transición temprana a los alimentos que tendrán acceso al destete (como los granos), ya que, esto permitiría un destete más temprano, la reducción de los costos de mano de obra y potencialmente de los costos de alimentación, además de un crecimiento adecuado (Davis y Drackley, 1998); inicialmente, los terneros generalmente consumen pequeñas cantidades de alimento seco durante las primeras semanas de vida (Morrill, 1984).

Dicho lo anterior, es necesario definir la aceptabilidad o también llamada palatabilidad, como el grado de aceptación del sabor de un alimento o producto alimenticio, determinada por la apariencia, el olor, la textura y otras propiedades sensoriales del alimento y que generalmente se mide al ofrecer a los animales la opción de escoger entre dos o más opciones de alimentos, de modo que, puedan expresar una preferencia en respuesta a la información sensorial recibida (Church et al., 2012) de gran importancia al momento de formular raciones para animales en cualquier etapa productiva, y así obtener un mayor beneficio de las dietas (Miller-Cushon et. al., 2014); aunque todos los sentidos periféricos son funcionales en los rumiantes, estos utilizan principalmente el olfato, el gusto y los estímulos táctiles para discriminar, seleccionar e ingerir los alimentos, la combinación de compuestos volátiles y de estimulantes del gusto podrían aumentar la palatabilidad (Lucta, 2009). Entre los saborizantes más recomendados para su uso en dietas de rumiantes en etapa de lactación se encuentran los lácteos, vainilla y mantequilla (Chávez Arroyo et. al., 2022).

Material y métodos

Se utilizaron cinco bovinos lactantes (1-2 meses de edad) del área de recría pertenecientes al Módulo de Bovinos del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, mantenidos en lactancia asistida y alojados en casetas individuales con dimensiones de 1.20 m. de frente por 2.15 m. de fondo (2.58 m^2) con un espacio anexo a la caseta de 1.20 m^2. El suplemento se formuló para contener el 19% de Proteína Cruda (PC) y 2.8 Megacalorías de Energía Metabolizable (EM), los ingredientes utilizados fueron alfalfa achicalada, maíz rolado y pasta de soya como ingredientes. La prueba contempló la administración de cuatro suplementos, a uno de ellos se le adicionó agua como control (5 mL/100 g de suplemento) y a los tres restantes les fueron adicionados tres saborizantes artificiales grado

alimenticio: Sabor mantequilla (Clave RMS00245), Sabor vainilla (Clave RMS00292) y sabor crema (Clave 1094452) (5 mL/ 100g suplemento) proporcionados por una compañía cuyos ingredientes se encuentran enlistados y cumpliendo con los lineamientos del "Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias" de México (DOF 16 de julio de 2012) y modificación (DOF 5 de septiembre de 2013 y 16 de mayo de 2016); regulados por el "Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios" de México. (DOF 09 agosto 1999) y última reforma (DOF 12 febrero 2016) y aprobados para su uso en alimentos y reconocidos generalmente como seguros (GRAS: Generally Recognized As Safe) bajo el "United States Code of Federal Regulations (CFR) por la FDA (Food and Drug Administration), titulo 21 o incluidos en los listados FEMA-GRAS (Flavor and Extract Manufactures Association). Se llevaron a cabo 25 pruebas de palatabilidad (cinco pruebas por animal) en los alojamientos anteriormente descritos por un periodo de 10 minutos y utilizando un método de orden de alimentación de muestras múltiples (método de cafetería) para permitir el acceso a los cuatro comederos con 100 gramos del suplemento cada uno, el orden de colocación se asignó al azar para evitar la preferencia por costumbre de acuerdo con la metodología descrita por Frías (2015) para cerdos en recría y modificada por Chávez Arroyo y colaboradores (2022) para cabritos. Para cada prueba se llevó a cabo el registro por videograbación (Imagen 1) de: la latencia al primer consumo, la duración del consumo, la frecuencia de visitas a cada comedero y el consumo de cada suplemento



Imagen 1. Prueba de palatabilidad en becerros con los cuatro suplementos ofertados: Crema (Cr), Mantequilla (M), Vainilla (V) y Control (Co).

El análisis estadístico para las cuatro variables descritas anteriormente se realizó mediante un análisis de varianza considerando el efecto fijo del tratamiento, el efecto fijo de número de prueba considerado como bloque y el efecto aleatorio de animal utilizando la función PROC MIXED del paquete estadístico SAS. Se

realizaron comparaciones de medias de mínima significancia entre tratamientos y se evaluó la significancia de la variabilidad entre becerros.

Resultados

En el cuadro 1, se muestran los resultados obtenidos para las variables determinadas para los saborizantes utilizados en el suplemento ofertado, para la latencia al primer consumo puede observarse que se obtuvieron valores de dos a tres segundos hasta diez minutos, el promedio más bajo de latencia se observó para el sabor crema y el más alto para vainilla. Para la duración del consumo, entendido como el tiempo efectivo para el acto de alimentarse se observó el rango y promedio más bajo para el grupo control y más altos para la crema. En cuanto a la frecuencia de visitas al comedero aunque el promedio fue el mismo para todos los saborizantes, el rango fue mayor para el control, finalmente para el consumo total el rango y el promedio más elevados se observó para el gripo control y el más bajo para la mantequilla; sin embargo, no se observó una diferencia significativa ($P>0.05$) para las variables debidas al saborizante utilizado, pero si se observó una diferencia en los resultados de las variables entre animales ($P<0.05$), indicando la existencia de diferencias a nivel individual.

Cuadro 1. Resultados de las variables de respuesta para las pruebas de palatabilidad

Variable	Saborizantes (Rango/promedio)				Nivel de Significancia Valor de P	
	Control	Crema	Mantequilla	Vainilla	Saborizante	Animal
Latencia al primer consumo (Min/Seg)	00:02 - 10:00 (02:48)	00:02 - 10:00 (02:44)	00:02 - 10:00 (03:25)	00:03 - 10:00 (03:27)	0.7598	0.0017
Duración del consumo (Min/Seg)	00:00 - 03:26 (01:20)	00:00 - 04:53 (01:43)	00:00 - 03:29 (01:26)	00:00 - 04:23 (01:33)	0.5839	<.0001
Frecuencia de visitas al comedero (# veces)	1-8 (3)	1-5 (3)	1-5 (3)	1-5 (3)	0.3263	0.0064
Consumo total del suplemento (Gramos)	0-88 (22)	0-59 (18)	0-55 (14)	0-67 (16)	0.2344	<.0001

Discusión y Conclusión

A lo largo de los años se ha intentado incrementar el consumo de alimento en becerros a temprana edad para lograr un pre-destete más temprano en los animales utilizando fórmulas lácteas, en adición, también se han evaluado otros saborizantes que ayuden a cumplir esta meta. Fathi y colaboradores (2009), evaluaron los efectos de la vainilla en un pienso iniciador sobre el rendimiento pre-destete y post-destete en 21 terneros Holstein, los resultados mostraron que aquellos terneros que se les agregó el saborizante tuvieron una mayor ganancia de peso diaria, especialmente durante el periodo de pre-destete. Por otro lado, en un trabajo realizado previamente en cabritos por Chávez y colaboradores (2022) se utilizaron los saborizantes de mantequilla leche y vainilla para la suplementación de cabritos, los resultados mostraron resultados similares para las mismas variables medidas en este trabajo en cuanto a la adición de saborizantes como tratamiento, es decir, no se determinaron diferencias significativas; sin embargo, en el caso de los becerros a nivel de individuo si se observaron diferencias significativas, por lo tanto, existen diferencias en cuanto a la latencia al primer consumo, la duración del mismo, la frecuencia de visitas al comedero y en el consumo total del suplemento entre individuos. De acuerdo con Frías (2015), como resultado de trabajos realizados en cerdos con la utilización de sacarosa, los patrones de consumo no se relacionan con mayores consumos, por lo tanto, el consumo total y el patrón de consumo no se guían por funciones similares, de esta manera, es importante además de realizar pruebas de consumo, aplicar otras pruebas que permitan evaluar el valor hedónico en las pruebas de palatabilidad. Los resultados no mostraron diferencia significativa para las variables debidas al saborizante pero si se observó una diferencia entre animales, por lo que, se concluye que la adición de saborizantes de mantequilla, crema y vainilla, así como, la adición de agua en los suplementos para becerros lactantes, no tienen un efecto sobre la latencia al primer consumo, la duración del consumo, la frecuencia de visitas a cada comedero y el consumo; sin embargo, si se puede observar una diferencia significativa en estas variables a nivel individual.

Financiamiento

Financiado por el Programa de Cátedras de investigación 2022 con el proyecto clave CI2260.

Referencias

Bondi, A. A. (1988). Nutrición animal. España: Acribia.

Chávez Arroyo, L.A., Olazábal Fenochio, A., Bello Macías C.E., Martínez Rocha, R.E., Cano Suárez, P.C., Garzón Pérez, C. (2022), Efecto de la adición de saborizantes en la suplementación creep feeding sobre la palatabilidad en cabritos. Primer Congreso Internacional de la AMMVECA 2022.

Church, D.C. Pond, W. G. y Pond, K.R. (2012). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: Editorial Limusa.

Davis C.L., y Drackley J.K., (1998). Starter feed: Importance, composition, and intake. In: The Development, Nutrition and Management of the Young Calf. Iowa State University Press, Ames, pp. 283-306.

Díaz, Fernando. (junio de 2020). Aditivos alimentarios para el aumento del consumo de concentrado en terneras lactantes. https://www.blog.especialistasennovillas.es/posts/aditivos-alimentarios-para-novillas.aspx.

Fathi, M.H., Riasi, A. y Allahresani, A. (2009). The effect of vanilla calf starter on performance of Holstein calves. Journal of Animal and Feed Sciences, 18, 2009, 412–419.

Frías Aranda D. V. (2015). Evaluación de métodos utilizados para medir la palatabilidad en cerdos de recría. Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario. Departamento de Fomento de la Producción Animal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Escuela de Ciencias Veterinarias.

LUCTA SA (2009). Palatability in ruminants. En: Ruminant Newsletter; 1. Page 80.

Mesas M L. (2011). Saborizantes e Ingesta en la alimentación animal. PV ALBEITAR 41/2011 Product Manager Saborizantes, Norel, S.A.

Miller-Cushon, E., Terré, M., DeVries, T. y Bach, A. (2014). The effect of palatability of protein source on dietary selection in dairy calves. J. Dairy Sci. Volume 97, Issue 7. Pages 4444-4454.

Morrill J.L. (1984). Research in dairy calf nutrition. In: Cornell Nutrition Conference. Feed Manufacture. Syracuse, NY, pp.

Pugh, D., Baird, A., Edmondson, M. y Passler, T. (2001). Feeding and nutrition en N. Gurung, J. Rush y D. Pugh (Ed.), Sheep and goat medicine (pp. 15-44). Elsevier

Shimada, M. (2003). Nutrición Animal. México: Trillas.

COMPORTAMIENTO EN CORRAL Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN OVINOS PELIBUEY Y DORPER X PELIBUEY EN UN CLIMA SUB-TROPICAL

Gastélum, D.M.A., *Aguilar, Q.J.A., Rodríguez, D.J.F., Avendaño, R.L., Macias, C.U., Angulo, V.N.I., López, A.V., Arellano, P.P.C., Ortiz, L.B. Cárdenas, C.M.A., Corrales, N.E.A.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el desempeño productivo en corral, características de canal en corderos de dos genotipos en una región subtropical seca. Se emplearon 40 corderos de pelo (20 Pelibuey puros y 20 Dorper x Pelibuey) ubicados en corraleta individual y finalizados con una dieta de engorda por 30 d para obtener en corral ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (EA); en canal se obtuvo peso al sacrificio (PS), peso vivo vacío (PVV), peso de canal caliente y fría (PCC y PCF), pH a 45 min y 24 h post-mortem, longitud de canal (LC), profundidad de tórax (PT) y longitud y perímetro de la pierna (LP y PP)a. Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar con peso inicial como co-variable. Los corderos cruzados tuvieron mayor ($P < 0.05$) GDP, GPT, CMS y EA que los puros. En características de canal, los cruzados lograron mayor ($P < 0.01$) PS, PVV, PCC y PCF. Los valores de pH a 45 min y 24 h fueron mayores ($P < 0.01$) en los cruzados. La LC fue mayor ($P < 0.05$) en ovinos cruzados, mientras que PT exhibió una tendencia ($P < 0.10$) a ser mayor en ovinos cruzados. Los componentes no cárnicos rumen, piel y testículos fueron mayores ($P < 0.05$) en animales cruzados, sin embargo, los puros generaron bazos de mayor peso ($P < 0.05$). En rendimiento de cortes primarios no se observó efecto de genotipo ($P > 0.05$). En conclusión, el cruzamiento Dorper x Pelibuey mejoró el desempeño en corral en la fase de finalización y algunas características de canal. Estos resultados sugieren un efecto de complementariedad en algunos rasgos productivos y de canal por el uso de la raza Dorper como raza paterna con Pelibuey como raza materna.

Palabras clave: Ovinos de pelo, cruzamiento, complementariedad, finalización en corral.

INTRODUCCIÓN

La práctica de la producción ovina es una actividad que actualmente ha tomado una gran relevancia a nivel mundial, impulsada por la fuerte demanda de esta carne por consumidores en todo el mundo. Países como Reino Unido y Francia son ejemplo de una alta afinidad por este tipo de proteína y quienes llegaron a realizar importaciones de hasta 200, 000 toneladas de carne ovina de diferentes países productores para llegar a satisfacer su demanda doméstica (Acero, 2005). Según proyecciones de FAO (2013), la carne ovina tenderá a incrementar sus costos de adquisición derivado del creciente consumo de la misma, así como el incremento en las importaciones de esta proteína por países en vías de desarrollo.

Durante los últimos años, la ovinocultura en México ha presentado un gran crecimiento promovido por un incremento en la aceptación de carne ovina dentro de la dieta de los mexicanos, donde sus más comunes formas de presentación son barbacoa, birria o a las brasas, llegando a tener un consumo *per cápita* de 0.700 kg. (Torrescano-Urrutia *et al.,* 2009; SAGARPA, 2017). Sin embargo, aun y cuando existe una gran demanda de este tipo de carne, los rebaños a lo largo del país no han sido capaces de satisfacerla. Esto ha conducido a los ovinocultores del país a la búsqueda de distintas alternativas para incrementar la productividad de sus rebaños. Una de estas alternativas es el uso de razas cárnicas de alto potencial genético, debido a que tienden a depositar menor cantidad de grasa y una mayor cantidad de proteína que otros genotipos (Huerta, 2001). Además, una característica de los ovinos de pelo es que se adaptan fácilmente a distintos tipos de climas, lo cual se presenta dentro del territorio nacional, ya que México cuenta con una gran variedad de climas que van desde templado a cálido y de húmedo hasta seco (García, 1981). Los ovinos de pelo tienen la capacidad de reproducirse prácticamente todo el año incluso en regiones con clima cálido extremo, dada su capacidad de modificar su metabolismo para facilitar su subsistencia por medio de la termorregulación (Gastelum-Delgado *et al*., 2015).

* *José Antonio Aguilar Quiñonez, palomo_98@hotmail.com. Calle: Vicente Guerrero, No. 14, Col. Independencia, CP 80430, Costa Rica, Sinaloa.

En México, unas de las principales razas de pelo que se explotan es Pelibuey, que procede de ancestros originarios del oeste de África, de donde los españoles las extrajeron principalmente como alimento para las tripulaciones de sus embarcaciones; posteriormente descubrieron que esta raza de ovinos poseía gran capacidad de adaptación a distintos climas, ya que pudo habitar zonas tropicales, subtropicales y áridas (González-Reyna *et al.,* 1991). Por lo tanto, han sido objeto de un gran número de estudios promovidos principalmente por su capacidad de adaptabilidad a la diversidad climatológica del territorio nacional a partir de los años 60´s (Aguilar-Martínez *et al.,* 2017). A pesar de que se han realizado una amplia variedad de estudios para la valoración y estimación de los parámetros productivos en las distintas razas existentes a nivel nacional, los estudios han demostrado variabilidad en los resultados atribuidos principalmente a la heterogeneidad existente en la población ovina (Aguilar-Martínez *et al.,* 2017).

En la búsqueda por encontrar una mayor productividad a partir de razas de pelo, se han implementado distintas estrategias como la engorda de ovinos en confinamiento, uso de promotores de crecimiento, así como el cruzamiento entre razas. Con relación a cruzamientos, Macías-Cruz *et al.* (2010a) y López-Carlos *et al.* (2021) encontraron que animales híbridos obtenidos a partir de la cruza de Pelibuey con razas puras cárnicas bajo condiciones áridas y semiáridas se han comportado favorablemente en comparación a la Pelibuey pura, considerando características de crecimiento en corral como ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Generalmente, al realizar cruzamientos para mejorar la productividad de ovinos de pelo en los sistemas de producción mexicanos, la raza Pelibuey es utilizada como raza materna y como raza paterna se usan razas de mayor habilidad cárnica como Dorper, Blackbelly y Katahdin, entre otras. Se conoce que la raza Pelibuey posee un índice de crecimiento menor a las razas cárnicas, pero poseen mayor habilidad materna y prolificidad, por lo que su cruza con razas cárnicas puede complementar rasgos de crianza, adaptación a climas cálidos y características productivas en corral y en canal (Leymaster, 2002; Bradford, 2002). En condiciones subtropicales, el desempeño en finalización y características de canal de la cruza de ovinos Pelibuey con razas cárnicas aún no ha sido evaluados formalmente.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el desempeño productivo en corral, características de canal, componentes no cárnicos y rendimiento de cortes primarios de corderos enteros del genotipo Pelibuey y la cruza Dorper x Pelibuey en una región de México con clima subtropical seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y clima de la zona del estudio

El estudio se realizó en la finca comercial El Cielo, localizada en la ampliación de la avenida Álvaro Obregón, en Culiacán, Sinaloa (24°42'31.8" N, 107°22'48.2" W). Las condiciones climáticas predominantes en esta región se clasifican como sub-tropical, clima húmedo y caliente con temperaturas máximas en verano de 45°C y mínimas durante invierno de 9 °C. La precipitación media anual es de 675.6 mm, siendo entre los meses de junio y agosto donde se concentra el período de lluvias. Para evitar la posible influencia del clima, el experimento a desarrollar se llevó a cabo en la época de invierno, cuando las condiciones climáticas son apropiadas para la engorda de corderos, es decir, condiciones de termo neutralidad. Con las variables climáticas humedad relativa (HR) y temperatura ambiente (TA) se estimó el índice temperatura-humedad ITH de acuerdo a la fórmula sugerida por Hahn (1999):

ITH =081 * TA + HR (TA – 14.4) + 46.4

Los datos climáticos se obtuvieron de la página sobre históricos del clima en Culiacán, Sinaloa (Meteored, 2019).

Origen de los animales

Esta explotación ovina se dedica a la compra y venta de animales para pie de cría. Todos los animales poseen su registro en la Unidad Nacional de Ovinocultores y se manejan dos razas principalmente, Pelibuey y Katahdin. Se adquirieron dos sementales Dorper con el objeto de probar su cruza con Pelibuey.

Las hembras Pelibuey se sincronizaron para ser servidas con estos sementales Dorper por medio de monta natural. Se seleccionaron las crías más homogéneas para realizar la prueba de comportamiento. Así se utilizaron 20 corderos de cruzas Dorper X Pelibuey (DXP) y 20 corderos Pelibuey de raza pura (PP); el peso inicial de los 40 corderos fue 32.28 ± 1.22 kg, los cuales se colocaron en corraletas individuales provistas de comedero, bebedero y sombra.

Manejo de los animales experimentales

Quince días previos al comienzo de la prueba de comportamiento, a los corderos les aplicaron vitaminas y se trataron contra endoparásitos y ectoparásitos. Además, durante estos días se ofreció la dieta basal como periodo de adaptación al nuevo ambiente individual, la cual se formuló en base a los requerimientos nutricionales establecidos en NRC (Cuadro 1). Los ingredientes de la ración ofrecida fueron: 9% de paja de maíz, 12 % de alfalfa, 21% grano de maíz quebrado, 30% de maíz entero, 13% pasta de soya, 12% de melaza y 3% de minerales. Al comienzo de la prueba de comportamiento los corderos fueron pesados de manera individual. Las dietas se ofrecieron dos veces por día (7:00 y 15:00 h), y el alimento rechazado fue retirado previo al ofrecimiento del día siguiente, mientras que el alimento retirado fue pesado para realizar ajustes al ofrecimiento diario. Al finalizar la prueba, día 30 aproximadamente, se procedió a sacrificar los 40 corderos en el rastro municipal de Costa Rica, Culiacán, Sinaloa.

Variables de desempeño en corral

La prueba de comportamiento en corral constó de 48 d, 15 d de adaptación y 30 d de prueba, ofreciéndose el alimento diariamente, retirando el alimento no consumido de un día anterior. Los pesos del alimento ofrecido y rechazado se registraron para calcular el consumo diario de alimento en base a materia seca (CMS) y ajustar dicho consumo a 5% de rechazo diario. Muestras de alimento ofrecido se almacenaron para su posterior determinación bromatológica. Se realizó un pesaje intermedio a los 15 d de prueba. Al término de la prueba de comportamiento se pesaron los corderos individualmente para registrar la ganancia de peso total (GPT). La ganancia diaria de peso (GDP) se estimó dividiendo la diferencia entre peso final e inicial entre los 30 d de prueba. La conversión alimenticia (CA) también se calculó dividiendo el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso. La eficiencia alimenticia (EA) se obtuvo dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo de alimento. Estas variables se estimaron en tres diferentes periodos: primeros 15 d, últimos 15 d y el periodo completo de 30 d usando una báscula (tipo Crane Series CR, Gram Precisión, S.L. Barcelona, España) con capacidad 300 kg y con variación de ± 0.1 kg, específica para ganado ovino.

Características de canal

Antes del sacrificio, 24 h, se retiró el agua y alimento a los corderos. El sacrificio se realizó por medio del método de degüelle sin previa insensibilización de los corderos. Después del sacrificio los animales se desangraron y evisceraron, retirando además patas y cabeza. Se registró el peso de canal caliente (PCC) Las canales se enfriaron durante 24 h a temperatura de 4°C para obtener las variables: peso de la canal fría (PCF), longitud de la canal (distancia desde la última vértebra sacra hasta la última vértebra cervical), conformación (en escala 1-8, donde 1=mala y 8= excelente) Cada canal fue dividida a la mitad cortando con sierra eléctrica las canales sobre la línea media dorsal. En la mitad del lado derecho se cortó nuevamente el entre la 12ava y 13ava costillas para medir el pH a 45 minutos y a 24 h en el músculo Longissimus dorsi.

Análisis estadístico

Las variables respuesta fueron analizadas con un diseño completamente al azar incluyendo como co-variable el peso inicial de los animales.

Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4 utilizando el PROC MIXED y las medias ajustadas se detectaron con la opción PDIFF (SAS, 2012). Las diferencias se declararon significativas a un nivel de probabilidad menor a 0.05 y entre 0.05 y 0.10 la diferencia se declaró tendencia.

RESULTADOS

Condiciones climáticas

Las variables climáticas durante el periodo de estudio incluyeron temperatura ambiente (TA), humedad relativa (HR) e índice temperatura-humedad (ITH), las cuales se comportaron de la siguiente forma: TA

máxima, mínima y promedio 32, 11.5 y 21.9°C; la HR máxima, mínima y promedio 80 51 y 66.5%; finalmente el ITH máximo, mínimo y promedio fue 81.3, 52.8 y 69.1 unidades.

Comportamiento productivo

	Genotipo			
	Puro	Cruzado	EEM	Valor de P
Peso sacrificio (kg)	36.136	43.590	0.777	<0.0001
Peso vivo vacío (kg)	31.177	38.568	0.781	<0.0001
Peso canal caliente (kg)	16.200	20.585	0.515	<0.0001
Peso canal fría (kg)	15.971	20.178	0.490	<0.0001
Conformación (pts.)	6.514	6.231	0.206	0.3405
Rend. canal caliente (%)	51.896	53.392	0.941	0.2719
Rend. canal fría (%)	51.154	52.348	0.891	0.3526
pH a 45 min	6.564	6.979	0.361	0.0002
pH a 24 h	5.285	5.918	0.110	0.0004
KPH	2.636	2.895	0.266	0.4981
Omental	2.398	2.256	0.191	0.6064
Mesentérica	1.791	1.788	0.142	0.9860
Longitud canal	58.750	61.154	0.793	0.0420
Profundidad tórax	69.000	71.846	1.085	0.0756
Longitud pierna	20.714	21.115	0.459	0.5420
Perímetro pierna	40.964	42.462	0.946	0.2740

En el cuadro 2 se observan los promedios y errores estándar de las variables relacionadas con el desempeño productivo durante la fase de finalización de la engorda. Se observa que los animales cruzados obtuvieron mayores ($P < 0.01$) GPT y GDP en los tres periodos evaluados, obteniendo los animales cruzados 6.7 kg y 150 gr más GPT y GDP que animales puros en el periodo completo, respectivamente; sin embargo, el CMS fue mayor ($P < 0.05$) en corderos cruzados que en los puros por solamente 150 gr (9%). Finalmente, los animales cruzados mostraron ser 61% más eficientes ($P < 0.01$) que los animales puros en el periodo completo de la engorda (0.119 vs 0.192 unidades).

Características de canal

Como se puede observar en el Cuadro 3 correspondiente a las medias y porcentajes de las características de canal, los animales cruzados tuvieron mayor ($P < 0.01$) PS, PVV, PCC, PCF (en 20, 23, 27 y 26% respectivamente). El pH a los 45 min y 24 h también fue mayor ($P < 0.01$) en corderos cruzados que en puros. Sin embargo, a pesar de tener mayor peso en canales, no hubo diferencia ($P > 0.05$) en sus rendimientos. Las deposiciones de grasa KPH, omental y mesentérica no fueron afectadas ($P > 0.05$) por el genotipo. Para las medidas zoométricas, solamente longitud de canal fue mayor ($P < 0.05$) en 4% en animales cruzados que animales Pelibuey puros. Mientras que el tórax solo tendió ($P < 0.10$) a ser más profundo en animales Dorper x Pelibuey, ya que tuvieron en promedio 3% más profundidad del tórax que animales Pelibuey puros.

Cuadro 2. Comportamiento en corral de corderos Pelibuey puros y cruzados Dorper x Pelibuey finalizados en corral

EEM= Error estándar de la media; Kg= Kilogramos.

Cuadro 3. Características de canal en ovinos Pelibuey puros y cruzados Dorper x Pelibuey finalizados en corral

Variables	**Genotipo**			
	Puro	Cruzado	EEM	Valor de P
Peso vivo (kg)				
d 1	30.59	33.97	0.61	0.0004
d 15	34.32	38.89	0.59	<0.0001
d 30	37.19	43.90	0.61	<0.0001
Ganancia de peso total (kg)				
d 1 a 15	3.145	5.265	0.373	0.0006
d 16 a 30	2.580	4.858	0.398	0.0005
d 1 a 30	5.683	10.125	0.461	<0.0001
Ganancia diaria de peso (kg)				
d 1 a 15	0.207	0.351	0.025	0.0005
d 16 a 30	0.170	0.324	0.027	0.0005
d 1 a 30	0.189	0.338	0.015	<0.0001
Consumo MS (kg)				
d 1 a 15	1.532	1.532	0.049	0.9976
d 16 a 30	1.662	1.962	0.051	0.0004
d 1 a 30	1.597	1.747	0.043	0.0256
Eficiencia alimenticia (kg)				
d 1 a 15	0.136	0.229	0.016	0.0004
d 16 a 30	0.103	0.162	0.011	0.0011
d 1 a 30	0.119	0.192	0.010	<0.0001

EEM= Error estándar de la media; Pts= Puntos; KPH= Grasa en riñón, pelvis y corazón (Kidney-Pelvic-Heart fat); Rend. = Rendimiento.

DISCUSIÓN

La utilización de cruzamientos entre razas productoras de carne en ovinos de pelo ha generado beneficios importantes para los ovinocultores, ya que al llevarlas a cabo se adquieren combinaciones de genes que permiten a los híbridos expresar caracteres como una mayor adaptabilidad al ambiente en el cual se desempeñarán, cualidades de rápido crecimiento en corral y, en algunas ocasiones, mejoras en características de canal y calidad de la carne. En condiciones tropicales, Vilaboa-Arroniz *et al.* (2010) caracterizaron las razas de pelo Dorper, Katahdin y Pelibuey, encontrando una variación importante en el peso vivo adulto y en dimensiones corporales, siendo mayor para la raza Dorper, seguida de la Katahdin; por otro lado, la raza Pelibuey fue menor en estas variables a las dos razas de pelo anteriormente mencionadas. Estos resultados refuerzan la utilización de la raza Dorper como raza terminal para cruzamientos en ovinos de pelo donde el objetivo sea la producción de carne.

CONCLUSIONES

Durante la fase de desempeño en corral fue donde se observaron mayores ventajas de la cruza Dorper X Pelibuey, ya que durante los 3 periodos evaluados se obtuvo mayor ganancia de peso diaria y total, así como mejor eficiencia en el uso del alimento. En la evaluación de las características de canal se observó que nuevamente los corderos cruzados presentaron mayor peso al sacrificio y de canal, así como canales más largas y profundas. En componentes no cárnicos se observó efecto de heterosis en peso de rumen, piel, testículos, mientras que los Pelibuey puros tuvieron mayor peso del bazo. Al analizar el rendimiento de cortes primarios de ambos genotipos, no se observó diferencia.

Por lo anteriormente descrito, se concluye que, al realizar cruzamientos con sementales Dorper, se mejora el desempeño en corral en la fase de finalización, así como también algunas características de canal, lo cual sugiere un efecto de complementariedad en los rasgos productivos de la raza Pelibuey.

LITERATURA CITADA

Acero, C. M. 2005. El papel de México y América Latina en el comercio mundial de la carne ovina. Memoria electrónica de la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal, y XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, pp 4-10. Tampico, Tamaulipas, México.

Aguilar-Martínez, C.U., Berruecos-Villalobos, J.M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J.C., Valencia-Méndez, J., Roldán-Roldán, A. 2017. Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 20 (3): 429-439.

FAO (2013). Consumo de carne. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html. Visitado 26/09/2021.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México, D. F. Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad de México, México.

Gastélum-Delgado, M.A., Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M. 2015. Comportamiento de estro circanual en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del Noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 6 (1): 109-118.

González-Reyna, A., Valencia, J., Foote, W.C. y Murphy, B.D. 1991. Hair sheep in Mexico: reproduction in the Pelibuey sheep. Animal Breeding Abstracts, 59: 509-524.

Hahn, G.L. 1999. Dynamic Responses of cattle to termal heat loads. Journal Dairy Science, 82 (2): 10-20.

Huerta, B.M. 2001. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina, pp 1-16. Mérida, Yucatán, México.

Leymaster, K.A. 2002. Fundamental aspects of crossbreeding of sheep: use of breed diversity to improve efficiency of meat production. Sheep and Goat Research Journal, 17 (3): 50-59.

López-Carlos, M., Fernández-Mier, R., Aréchiga-Flores, C., Hernández-Briano, P., Medina-Flores, C. y Ramírez-Chéquer, J. 2021. Crecimiento de corderos de pelo en el altiplano semiárido de Zacatecas durante el invierno. Abanico Veterinario, 11: 1-14.

Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramírez, L. and Avendaño-Reyes, L. 2010a. Crecimiento y características de la canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. Archivos de Medicina Veterinaria, 42: 147-154.

SAGARPA, 2017. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461 Visitado el día 26/09/2021.

Torrescano-Urrutia, G.R., Sánchez-Escalante, A., Peñúñuri-Molina, F.J., Velázquez-Caudillo, J. y Sierra-Ramiro, T. 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey engordados en Hermosillo, Sonora. Biotecnia, 11(1): 41-50.

Vilaboa-Arroniz, J., Bozzi, R., Díaz-River, P. y Bazzi, L. 2010. Conformacion corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Katahdin en el estado de Veracruz, México. Zootecnia Tropical, 28 (3): 321-328.

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE ENSILADOS DE PAPAYA DE DESECHO A DIFERENTES TIEMPOS DE APERTURA

*Sánchez-Santillan P.

Resumen
Los ensilados no convencionales permiten usar frutas como la papaya de desecho para la conservación de su valor nutricional durante largos periodos de tiempo. Por lo que el objetivo fue determinar las características de calidad de un ensilado de papaya de desecho con pasto pangola como absorbedor de humedad en diferentes tiempos de apertura en un silo de trinchera como almacenamiento. El silo en trinchera (6 t) se hizo con 75% de papaya, 25% de pasto pangola y 3% de melaza como aditivo. A los 26, 27, 30, 35, 38, 45, 56, 61, 63, 69, 77, 85, 92, 102, 108 y 119 d se determinó materia seca (MS), ácido láctico, nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$) y pH. El análisis estadístico fue descriptivo. El valor promedio de los tiempos de apertura fue 30% de MS, 3.4 de pH, 3.22% de ácido láctico y 1.87% de $N\text{-}NH_3$. Por lo que se concluye que este tipo de ensilado mantiene las características de calidad de la fermentación durante su apertura hasta por 119 d .

Palabras clave: pH, ensilado no convencional, nitrógeno amoniacal, ácido láctico, materia seca.

Introducción
Los ensilados permiten la conservación de alimentos con un alto contenido de humedad; cuyo objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante su almacenamiento (Garcés *et al*., 2004). Los ensilados no convencionales utilizan subproductos, coproductos, material que no cumple los estándares de calidad para consumo humano, sobreproducción de frutas de temporada y otros materiales obtenidos durante la cosecha o durante el procesamiento en la industria de las frutas. Estos productos están disponibles en grandes cantidades durante un corto período de tiempo. Estos pueden ensilarse para mantener su valor nutritivo durante un período más largo del año y luego usarse como alimento para animales. Estos subproductos tienen características adecuadas para el ensilado, es decir, contenido de humedad y carbohidratos fermentables (Chavira, 2016).

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia de las caricáceas, es originaria de las zonas tropicales de México y Centroamérica; crece y se desarrolla mejor en zonas cálidas y húmedad. En 2020, la superficie cultivada asciende a 20,100 Ha (SADER, 2021); con una producción anual de 1,117,437.20 t, siendo Oaxaca (31%), Colima (18%) y Chiapas (14%) los principales productores de papaya (SIAP, 2022). Las características químicas de la pulpa de papaya son: pH 6.70; agua 89.40 g, proteína 0.50 g, minerales 0.39 g, fibra 1.86 g, azúcares reductores directos 8.44 g, carbohidratos 9.54 g, vitamina C 33.50 mg, β-caroteno 3138 µg, hierro 2.18 mg, calcio 12.75 mg (Hernández *et al*., 2014).

Sin embargo, existe poca información en la literatura del uso de papaya de desecho, que no cumple con los estándares de calidad para consumo humano en la alimentación animal. Esta contiene 12.3% de MS (materia seca), 92.9% MO (materia orgánica), 9.3% de PC (proteína cruda), 12.5% de FDN (fibra detergente neutro) y 7.0% de cenizas (Sánchez-Santillán *et al*., 2022). Estos autores la ensilaron con heno de pasto estrella como absorbedor de humedad, melaza de caña de azúcar y urea como aditivos; reportando en promedio pH de 3.6, 3.95 % de ácido láctico y 1.5% de nitrógeno amoniacal. Por lo que el objetivo fue determinar las características de calidad de un ensilado de papaya de desecho con pasto pangola como absorbedor de humedad en diferentes tiempos de apertura en un silo de trinchera como almacenamiento.

Materiales y métodos
Ubicación del estudio. El estudio se realizó en las instalaciones de la Posta Zootécnica y Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

* [1]Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico, Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero. C.P. 41940. sanchezsantillanp@gmail.com 749 106 3063.

Elaboración del silo. La papaya de desecho se recolectó en huertas ubicadas en la comunidad de José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca, México. El heno de pasto pangola con aproximadamente 150 d de rebrote y papaya se molieron en un molino de martillos y uña de agarre. El silo (6 t) se colocó en una trinchera de 4 m de ancho, 5 m de largo y 1.5 m de profundidad; el cual fue recubierto con un plástico negro calibre 600 y una capa de 5 cm de tierra. La composición del ensilado fue 75% de papaya y 25% de heno de pasto pangola; 3% de melaza de caña se usó como aditivo. La compactación fue con un pisón (125x20x20 cm y 3.9 Kg). El silo se abrió a los 26, 27, 30, 35, 38, 45, 56, 61, 63, 69, 77, 85, 92, 102, 108 y 119 d (A cada tiempo de apertura se tomaron 3 submuestras a lo ancho del silo).

Características de calidad

pH. En un vaso de precipitados de 100 mL se colocaron 25 g de ensilado y se agregaron 100 mL de agua destilada. El contenido se incubó a temperatura ambiente por una 1 h, con agitaciones cada 15 min; después se filtró con una gasa doble y se midió el pH con un potenciómetro (Hanna® HI2211, Italia; calibración pH 7 y 4).

Materia seca (MS). En una bolsa de papel se colocaron 100 g de ensilado y se deshidrató a 60 °C durante 72 h en una estufa. El contenido de MS se calculó por diferencia de peso.

Ácido láctico. Se colocaron 30 g de ensilado y 150 mL de HCl a 1%, en un vaso de precipitados (500 mL). El vaso de precipitados se colocó en refrigeración por 24 h, posteriormente se incubó a temperatura ambiente durante 20 min, con intervalos de agitación de 10 min. El contenido del vaso de precipitados se filtró con una gasa doble y 1 mL del filtrado se colocó en un tubo 2 mL con 0.25 mL de ácido metafosfórico al 25%. La muestra se centrifugó a 3000 rpm por 5 min, se recuperó el sobrenadante. La concentración de ácido láctico se determinó según la metodología de Taylor (1996).

Nitrógeno amoniacal (N-NH_3). Se pesaron 20 g de ensilado y 40 mL de agua destilada. El contenido se agitó cada 15 min durante 1 h y se filtró con una gasa doble. El filtrado se centrifugó en una centrifuga 10 min a 2100 x g. El nitrógeno de 10 mL del sobrenadante se destiló en un destilador. El nitrógeno destilado se neutralizó en un matraz Erlenmeyer (50 mL) con 6 mL de solución de ácido bórico (99.8%) a 4%. El nitrógeno destilado se tituló con HCl al 0.1 N. El porcentaje de nitrógeno amoniacal (% N-NH_3) se obtuvo con la siguiente formula % N-NH_3 = (mL HCl) (normalidad del HCl) (1.40) / g muestra seca). El contenido de NNH_3 se calculó como el porcentaje de N-NH_3 respecto al nitrógeno total (N_2T). Para la curva estándar se preparó una solución de sulfato de amonio (0.471 g aforado en 100 mL de agua destilada).

Análisis estadístico. El análisis fue descriptivo de las variables MS, pH, ácido láctico, N-NH_3, ya que se calculó la media (3 submuestras) en cada día de apertura del silo; así como mediana. desviación estándar, error estándar, máximo, mínimo, coeficiente de variación y media general de las características de calidad del ensilado usando el software InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2020).

Resultados

Los valores de pH oscilaron entre 3.2 y 4.1, donde el valor más repetitivo fue 3.4. El valor de N-NH_3 oscilo de 0.44 a 3.23%, con un promedio de 3.23%. El ácido láctico mostro valores entre 0.71 y 5.71% con promedio de 3.22%. El contenido de MS promedio 30%, con valores mínimos de 24.7% y máximo de 38.4% (Tabla 1).

Tabla 1. Variables fermentativas de ensilado de papaya de desecho con pasto pangola a diferentes días de muestreo.

Día de muestreo	N-NH_3 (%/%N_2T)	Láctico (%/% MS)	pH	MS (%)
26	0.44	0.78	3.4	38.4
27	1.29	3.85	3.4	26.5
30	1.59	4.03	3.3	26.9
35	1.11	4.29	4.1	30.9
38	1.39	4.93	3.3	24.7
45	1.23	5.71	3.6	27.9
56	1.54	3.74	3.2	33.3
61	2.90	2.92	3.2	29.2
63	1.96	3.53	3.4	30.5
69	2.42	1.90	3.3	28.3
77	2.54	2.67	3.3	29.7
85	2.45	2.25	3.3	34.6
92	1.80	3.12	3.3	32.6
102	3.23	1.90	3.5	26.5
108	1.57	2.36	3.5	32.6
119	2.52	3.58	3.2	27.1
Estadísticos descriptivos de las características de calidad				
Media	1.87	3.22	3.39	29.98
Mediana	1.7	3.33	3.3	29.45
Desviación estándar	0.74	1.25	0.22	3.61
Error estándar	0.19	0.31	0.06	0.9
Coeficiente variación	39.72	38.71	6.5	12.05
Mínimo	0.44	0.78	3.2	24.7
Máximo	3.23	5.71	4.1	38.4

N-NH_3 = nitrógeno amoniacal; N_2T = nitrógeno total; Láctico = ácido láctico; pH = potencial de hidrogeno; MS = materia seca

Discusión

El objetivo del presente estudio fue monitorear las condiciones de fermentación para determinar las características de calidad del ensilado durante los tiempos de apertura que tuvo para ofrecerse a los animales. Esto porque hay cambios pequeños pero significativos en el ensilado durante meses que pueden afectar a la calidad del ensilado (Kung *et al*., 2018). Por lo que el análisis de las variables de fermentación permite determinar la calidad del ensilado a lo largo del tiempo de conservación con las aperturas del silo y un eminente contacto con el oxígeno durante la manipulación.

Los valores de pH entre 3.5 y 4.1 son indicativos de un ensilado de muy buena calidad (Cañeque y Sancha, 1998); ya que estabilizan la fermentación al inhibir el crecimiento microbiano, incluyendo ácido lácticas. Con base en estos valores, el ensilado evaluado en el presente estudio se mantuvo dentro del rango y se puede considerar como de muy buena fermentación. Así mismo, Kung *et al*. (2018) mencionan que el pH final del ensilado se afecta por muchos factores, pero tiene mayor relación con la concentración de ácido láctico. Cañeque y Sancha (1998) reportan que un ensilado de maíz contiene de 3 a 6.5% de ácido láctico; el presente estudio oscilo en promedio con valores de 3.2% (Tabla 1). Sin embargo, se presentaron valores por debajo de 3% en el presente estudio, probablemente por error durante la toma de muestra, dado que se tomaron las muestras del ensilado que estaba inmediatamente después del hule.

Así mismo, McDonald *et al*. (1991) menciona que un ensilado de maíz debe contener 30% de materia seca para que el pH oscile entre 3.7 a 4; ya que a medida que incrementa, el agua metabólica disponible para

el crecimiento de las bacterias ácido lácticas se reduce (Whiter y Kung, 2001). De modo que, los valores reportados en el presente estudio se mantienen alrededor de la media (Tabla 1), indicando una buena fermentación. El contenido de N-NH_3 se recomiendo sea menor a 10% (Cañeque y Sancha, 1998); ya que esto indica baja actividad metabólica de enterobacterias, las cuales son indeseables en una fermentación. Por lo que el contenido de N-NH_3 del presente estudio se encuentra debajo de dicho valor. Valores superiores de pH, MS, ácido láctico se reportaron a diferentes tiempos de fermentación láctica en ensilados de mango maduro (Torres *et al*., 2021). En conclusión, el ensilado de papaya de desecho usando pasto pangola como absorbedor de humedad presentó variables de calidad aceptables hasta 119 d de apertura con aperturas del mismo a diferentes tiempos.

Literatura citada

Cañeque, M. V., & Sancha, S. J. L. (1998). *Ensilados de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Mundi-Prensa. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=234885

Chavira, J. S. (2016). Potential use of nonconventional silages in ruminant feeding for tropical and subtropical areas. En T. da Silva & S. E. Mauro (Eds.), *Advances in Silage Production and Utilization* (pp. 85-98). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/64382

Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Cazanoves, F., Tablada, M., & Walter, C. (2020). *InfoStat*. https://www.infostat.com.ar/

Garcés, A. M., Berrio, R., Ruiz, S. A., Serna, de L. J. G., & Builes, A. F. A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, *1*(1), Article 1.

Hernández, E., Bautista, N., Byrne, R., Alencastre, A., Peña, M., & Sueros, S. (2014). Evaluación química y tecnológico-nutricional de "papaya de altura" (*Carica pubescens*). *Ciencia e Investigación*, *17*(2), Article 2. https://doi.org/10.15381/ci.v17i2.13595

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), Article 5. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909

McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage.* Chalcombe Publications. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19930759161

SADER. (2021, mayo 28). *México, principal exportador de papaya en el mundo; crece producción 3.2 por ciento en 2020*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. http://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-de-papaya-en-el-mundo-crece-produccion-3-2-por-ciento-en-2020?idiom=es

Sánchez-Santillán, P., Marcial, L. A. S., Jiménez, L. A. S., & Salado, N. T. (2022). Características de calidad, químicas y fermentativas *in vitro* de ensilados de papaya (*Carica papaya* l) de desecho y heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *25*(1), Article 1. http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3863

SIAP. (2022). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Taylor, K. A. C. C. (1996). A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *56*(1), Article 1. https://doi.org/10.1007/BF02787869

Torres, N. S., Gómez, M. T., Sánchez-Santillán, P., Rojas, A. R. G., Maldonado, M. de los Á. P., & Bottini, M. B. L. (2021). Evaluación de las características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* a diferentes tiempos de fermentación láctica de ensilados de mango maduro. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *32*(2), e18343. https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.18343

Whiter, A. G., & Kung, L. (2001). The effect of a dry or liquid application of Lactobacillus plantarum MTD1 on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*, *84*(10), 2195-2202. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74666-8

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y QUÍMICAS DE ENSILADO SALINO DE RESIDUOS FRUTAS O VERDURAS

*Villanueva-Berra M.A., Sánchez-Santillán P., Torres-Salado N.

Resumen
Los ensilados salinos son alternativas de conservación para productos con potencial contaminantes como los residuos de verdulerías. El objetivo fue evaluar las características fermentativas del proceso de ensilaje, características químicas bromatológicas y cinética de degradación *in vitro* de ensilados salinos de residuos de frutas o verduras. Los residuos de frutas y verduras se picaron y mezclaron; se colocaron en un recipiente de plástico. Se consideró 1% de sal en la elaboración de ensilados. Se determinaron características fermentativas [pH, materia seca (MS), nitrógeno amoniacal (N-NH_3) y ácido láctico (AL)], químicas [proteina cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, cenizas (Ce), materia orgánica (MO)], degradación de MS (DMS) a las 12, 24, 48 y 72 h. El diseño experimental fue completamente al azar. El ensilado salino de residuos de verduras contuvo mayor contenido de pH, AL, PC, Ce y DMS a 12 h; mientras, el ensilado de residuos de fruta mostró mayor MS, MO, FDN y DMS a 24, 48 y 72 h ($p<0.05$). El contenido de N-NH_3, FDA y hemicelulosa no mostraron diferencias ($p>0.05$) entre tipos de ensilados. Se concluye, los ensilados salinos de residuos de frutas o verduras presentan buenas características de fermentación, además su contenido químico y degradación *in vitro* de la materia seca se asume a los ingredientes usados en la elaboración de los silos.

Palabras clave: Alternativa de alimentación, Ensilado no convencional, Rumiantes,

Introducción

En México se generan anualmente cerca de 76 millones de t de residuos orgánicos de frutas (limón, peras, manzanas, papaya, pina, plátano, naranja) y vegetales (maíz, caña de azúcar, frijol, col, zanahoria, tomate, lechuga, papa; González-Sánchez et al., 2015). Los residuos orgánicos tienen un fuerte impacto sobre el medio ambiente, contaminando el aire, suelo y agua, principalmente por sus altos contenidos en materia orgánica, elementos minerales, y presencia de compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, etc., los cuales son altamente contaminantes (Cegarra et al., 1994).

Sin embargo, se pueden preservar y aprovechar su contenido de nutrientes mediante el proceso de ensilaje. El ensilado es el producto resultante de la fermentación de carbohidratos a ácido láctico. Los ensilados pueden conservarse durante periodos de tiempo largos; por lo que la conservación de residuos de frutas y verduras mediante la técnica de ensilaje puede ser una opción viable y económica para la alimentación (Colín-Navarro et al., 2021; Kaewpila et al., 2020). El uso de ensilajes salinos ofrece una alternativa de conservación de buena calidad (’t Mannetje, 2001). Ensayos con esta estrategia de conservación se realizaron con diferentes vegetales *Crescentia Cujeteyo* (Botero y De La Ossa, 2011), nopal (Palma et al., 2020) y mango (Castañeda-Serrano et al., 2023) para ganado vacuno. El objetivo de la investigación fue evaluar las características fermentativas del proceso de ensilaje, características químicas bromatológicas y cinética de degradación *in vitro* de ensilados salinos de residuos de frutas o verduras.

Materiales y métodos

Localización del estudio. El estudio se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero; el cual se ubica en Cuajinicuilapa, Guerrero (16° 08” N y 98° 23” O).

* *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero, Cuajinicuilapa, Guerrero, México, C.P. 41940. 18301523@uagro.mx. 7451283033.

Silos salinos. Los residuos de frutas y verduras fueron recolectados de los desperdicios generados por una verdulería en la venta de un día en el mercado municipal de Cuajinicuilapa, Guerrero. Los residuos se separaron por especie para pesarlos y estimar el porcentaje de inclusión en los silos. Posteriormente se picaron con cuchillos y se mezclaron para obtener una mezcla homogénea de los residuos. En un recipiente de plástico (20 L; dimensiones 32.93x33.58 cm) con tapa se agregó una capa base de sal, a continuación, se agregó una capa de residuo de fruta o verdura y una capa de sal hasta que se llenó el reciente. El recipiente se tapó y se almacenaron en una galera a temperatura ambiente de 28 °C por un periodo de 30 d.

La composición del silo salinos con residuos de verduras fue: aguacate *(Persea americana)* 0.67%, plátano *(Musa × paradisiaca)* 3.15%, chile jalapeño *(Capsicum annuum 'Jalapeño')* 8.14%, guayaba *(Psidium)* 0.47%, pera *(Pyrus communis)* 0.47%, Mandarina *(Citrus reticulata)* 0.46%, ciruela *(Prunus domestica)* 0.47%, *apio (Apium graveolens)* 3.52%, jitomate *(Solanum lycopersicum)* 82.65%. Así mismo, la composición de silo salino con residuos de fruta fue: mandarina *(Citrus reticulata)* 34%, plátano *(Musa × paradisiaca)* 33% y naranja *(Citrus × sinensis)* 33%. Cabe resaltar, la cantidad de sal que se agregó fue de 1% del peso húmedo de los componentes a ensilar.

Características fermentativas
A la apertura de los silos, con un potenciómetro portátil se determinó el pH del ensilado (3 repeticiones). El nitrógeno amoniacal (N-NH_3; 3 repeticiones) se determinó al filtrar con una gasa doble 10 mL de jugo de ensilado; este se destiló en un destilador. El nitrógeno destilado se neutralizó en un matraz Erlenmeyer (50 mL;) con 6 mL de solución de ácido bórico (99.8%) a 4%. El nitrógeno destilado se tituló con HCl al 0.1 N. El porcentaje de nitrógeno amoniacal (% N-NH_3) se obtuvo con la siguiente formula % N-NH_3 = (mL HCl) (normalidad del HCl) (1.40) / g muestra seca). El contenido de N-NH_3 se calculó como el porcentaje de N-NH_3 respecto al nitrógeno total (N_2T). Para la curva estándar se preparó una solución de sulfato de amonio (0.471 g aforado en 100 mL de agua destilada).

El ácido láctico se determinó al filtrar con una gasa doble aproximadamente 10 mL de jugo de ensilado; se tomó 1 mL del filtrado y se colocó en un tubo 2 mL con 0.25 mL de ácido metafosfórico al 25%. La muestra se centrifugó a 3000 rpm por 5 min, se recuperó el sobrenadante. La concentración de ácido láctico se determinó según la metodología de Taylor (1996). La materia seca se determinó al colocar 100 g de ensilado en un vaso de precipitados (500 mL) y se secó a 55 °C por 168 h en una estufa de aire forzado; el contenido de materia seca se calculó por diferencia.

Análisis químico. El ensilado se deshidrató en un horno a 55 °C por 168 h y se molieron con una criba de 1 mm en un molino. Para determinar proteína cruda (PC) y cenizas (Ce) se usó la metodología de AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron usando bolsas modificadas de tela tipo poliseda de 4x6 cm, las cuales se sellaron a calor cautín con el proceso descrito por Van Soest et al. (1994). La hemicelulosa se calculó por diferencia entre FDN y FDA. La materia orgánica (MO) se calculó al restarle a 100 el valor de Ce.

Degradación de la materia seca *in vitro*. El medio de cultivo contenía: 5% de solución mineral I [6 g K_2HPO_4 en 1000 mL de H_2O destilada], 5% de solución mineral II [6 g KH_2PO_4 + 6 g $(NH_4)_2SO_4$ + 12 g NaCl + 2.45 g $MgSO_4$ + 1.6 g CaCl-2H_2O en 1000 mL de H_2O destilada], 5% de solución buffer [80 g Na_2CO_3 en 1000 mL de H_2O destilada], 4% de solución reductora [3.125 g L-cisteína, ajusta a pH 10 con NaOH (2N) + 3.125 g Na_2S-9H_2O + 0.1 mL de resazurina 0.1% en 250 mL de H_2O destilada, todo bajo flujo de CO_2 y 250 °C de temperatura], 0.1% de resazurina a 0.1%, 45.9% de agua destilada y 35% de líquido ruminal fresco. El fluido ruminal fresco se obtuvo de un bovino con cánula ruminal alimentados con pasto pangola y vaina de algarrobo; este se manejó de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar animal de la UAGro con fundamento en las normas oficiales NOM-062-ZOO-1999.

En tubos de ensaye (15x100 mm) se colocaron 0.15 g de ensilado de fruta o verduras y 15 mL de medio de cultivo bajo flujo de CO_2 para mantener condiciones de anaerobiosis; se taparon con un tapón de neopreno y se incubaron a 39 °C por 72 h. La degradación de materia seca se determinó a las 0, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72 h por diferencia de peso para calcular los estimadores de la cinética de degradación usando el modelo de Gompertz Y = A * {exp [-*b**exp (-*k**t)]} donde Y = degradación de materia

seca en el tiempo t (mL g^{-1} de MS), *A* = potencial de degradación cuando t=∞ (mL g^{-1} de MS), *B* = tasa constante de degradación del material potencialmente degradable (% h^{-1}), *k* = tiempo lag o eficiencia microbiana (h), t = tiempo de incubación (Lavrenčič *et al*., 1997). Los estimadores *A y B* se estimaron con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011).

Otro modelo que se usó para determinar la cinética de degradabilidad es el de McDonald (1981): P=a+ b [1 $-e-c*t$] donde: *P* = degradación de MS en el tiempo t (%); *a* = fracción degradable rápidamente soluble; *b* = la fracción lenta o potencialmente degradable; *c* = velocidad a la que *b* se degrada; t = tiempo (h) de incubación en el tubo. La cinética de degradación *in vitro* de MS, se estimó mediante un procedimiento de regresión no lineal de SAS (SAS Institute Inc, 2011). Cabe señalar, la degradación de la materia seca se presentó a las 12, 24, 48 y 72 h.

Análisis estadístico. Las variables de características fermentativas (3 repeticiones), químicas bromatológicas (3 repeticiones) y degradación de la materia seca a 12, 24, 48 y 72 h () se analizaron en un diseño completamente al azar con el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Los estimadores de la cinética de degradación se calcularon usando todas las repeticiones del muestreo

Resultados

Las características de calidad de la fermentación de los ensilados salinos muestran que los elaborados con verdura contenían 213.2 y 1.4% mayor ácido láctico y pH (p<0.05); mientras, que el ensilado de residuos de fruta presentaron 192.1% más MS que los de residuos de verdura (p<0.05). Cabe destacar, el contenido de N-NH_3 no presentó diferencias entre ensilados (p>0.05; Cuadro 1).

El contenido de PC y Ce fue 160.5 y 26.3% mayor en los ensilados de verdura (p<0.05); a su vez, los ensilados de fruta contuvieron 9.0 y 21.1% más MO y FDN que los ensilados de verdura (p<0.05). Así mismo, el contenido de FDA y hemicelulosa no mostro diferencias entre tipo de ensilados (p>0.05; Cuadro 1).

La degradación de la materia seca mostró que el ensilado salino de verdura a las 12 h presentó 6.63% más que el de fruta (p<0.05). Sin embargo, a las 24, 48 y 72 h, el ensilado de fruta mostró 2.15, 4.87 y 2.95% más que los ensilados de verdura (p<0.05; Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de calidad y químicas, así como degradación de la materia seca de ensilados salinos elaborados con residuos de fruta o verdura

Variable	Tratamiento		Variable
	Fruta	Verdura	
Nitrógeno amoniacal (%/N_2T)	7.52	7.69	0.8065
Ácido láctico (%/MS)	2.11	6.61	<0.0001
Potencial de hidrógeno	3.53	3.58	0.0036
Materia seca (%)	17.03	5.83	0.0001
Proteína cruda (%)	5.59	14.56	<0.0001
Materia orgánica (%)	76.09	69.80	<0.0001
Fibra detergente neutro (%)	18.36	15.16	0.0277
Fibra detergente ácido (%)	12.63	10.20	0.0905
Hemicelulosa (%)	5.74	4.96	0.2533
Cenizas (%)	23.91	30.20	<0.0001
Degradación materia seca 12 h (%)	55.27	61.63	0.0002
Degradación materia seca 24 h (%)	68.85	66.70	0.0332
Degradación materia seca 48 h (%)	75.97	71.10	0.0007
Degradación materia seca 72 h (%)	75.66	72.71	0.0005

El modelo Gompertz muestra que el ensilado de fruta presentó 7.06 y 112.8% mayor DMS y tasa de DMS, respectivamente que los ensilados de verdura. El modelo McDonald indica que el ensilado de frutas tiene 79.11% de material potencialmente digestible, considerando que 33.97% corresponde a su fracción soluble; mientras que el resto es la materia potencialmente digerible a una tasa de 5% (*c*). Por otro lado, el ensilado de verdura contiene 49.08% de fracción soluble y 23.9% de fracción potencialmente degradable con una tasa de 6% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimadores de la cinética de degradación de ensilados salinos de residuos de fruta o verdura usando 2 modelos diferentes

Variable	Tratamiento	
	Fruta	Verdura
Modelo Gompertz		
A (%)	77.90	72.76
B (%/h)	0.83	0.39
Modelo McDonald		
a (%)	33.97	49.08
b (%)	45.14	23.90
c (%)	0.05	0.06

A = degradación potencial de materia seca; *B* = tasa de degradación del material potencialmente degradable; *a* = fracción de degradación rápidamente soluble; *b* = fracción lenta o potencialmente degradable: *c* = velocidad a la que *b* se degrada

Discusión y conclusiones

La medición de pH y cuantificación de la producción de ácido láctico y N-NH_3 son base para evaluar una fermentación de un ensilado; de modo que, los datos del análisis de fermentación del ensilado pueden utilizarse para determinar si fue una fermentación excelente, media o mala (Kung et al., 2018). En la literatura existen trabajos sobre ensilados salinos (Castañeda-Serrano et al., 2023; Palma et al., 2020), pero ninguno habla de las características fermentativas de sus ensilados. Sin embargo, en ensilados convencionales de maíz con una humedad de 30 a 40% de MS establece valores de pH de 3.7 a 4.0, 3 a 6% de ácido láctico y de 5 a 7% de N-NH_3; por lo que los valores del presente estudio son menores en pH en ambos ensilados, menor el contenido de ácido láctico en el ensilado de fruta, pero dentro del valor del ensilado de verduras y 0.60% arriba de N-NH_3. Esto es por consecuencia del contenido de MS, ya que esta influye en la fermentación, a menor contenido de MS se dificulta la estabilización de los patrones de fermentación (Kung et al., 2018), pero aún se pueden considerar dentro de los idóneos de un ensilado convencional.

Respecto al contenido químico de los ensilados salinos, esto dependerá de los ingredientes utilizados en su elaboración y la calidad fermentativa (Cherney y Cherney, 2003): por ejemplo ensilados salinos de *Crescentia cujete* y de *Mangifera indica* contienen 4.4 y 5.2 % de PC, 27.6 y 13.7% de FDN, además 22.24 y 11.12% de FDA (Castañeda-Serrano et al., 2023). Así mismo, ensilados salidos de nopal mostraron 2.62% de PC, 6.56% de Ce y 1.22% de fibra cruda (Palma et al., 2020). La diferencia entre los diferentes nutrientes del presente estudio con los reportados con Castañeda-Serrano et al. (2023) y Palma et al. (2020) se asumen a los insumos usados para el proceso de ensilaje salino.

El estudio de la degradación *in vitro* sirve para predecir el comportamiento del consumo cuando se realicen evaluaciones *in vivo* (Hernández-Morales et al., 2018). Por lo que los valores de degradación del presente estudio son inferiores a lo reportado en ensilados salinos elaborados con *Bellucia grossularioides*, *Crescentia cujete* y *Mangifera indica* a las 12, 24, 48 y 72 h (Castañeda-Serrano et al., 2023). Los modelos matemáticos en la producción animal permiten entender mediante ecuaciones el proceso biológico. De tal modo, el presente estudio mostró menor fracción soluble (*a*) y tasa de degradación (*c)*, pero mayor fracción potencialmente degradable (*b*) de sus ensilados salinos que lo reportado por Castañeda-Serrano et al. (2023). Así, bajo el estudio a nivel laboratorio, se concluye que los ensilados salinos de residuos de frutas

o verduras presentan buenas características de fermentación, además su contenido químico y degradación *in vitro* de la materia seca se asume a los ingredientes usados en la elaboración de los silos.

Literatura citada

Botero, L. M., & De La Ossa V, J. (2011). Consumo suplementario de ensilaje salino de frutos maduros de totumo (*Crescentia cujete*) en ganado vacuno de doble propósito. *Zootecnia Tropical*, *29*(3), 293-300.

Castañeda-Serrano, R. D., González-Bermeo, J. F., & Velez-Giraldo, A. M. (2023). Suplementación con ensilaje de frutas en vacas doble propósito: Digestibilidad y producción láctea. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *21*(1), Article 1. https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1917

Cegarra, J., Sánchez, M. A., Roig, A., & Bernal, M. P. (1994). Sequential extraction of heavy metals from composting organic wastes. En J. D. Etchevers (Ed.), *Transactions of the 15th International Congress of Soil Science* (Vol. 3, pp. 158-159). International Society of Soil Science.

Cherney, J. H., & Cherney, D. J. R. (2003). Assessing Silage Quality. En *Silage Science and Technology* (pp. 141-198). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c4

Colín-Navarro, V., López-González, F., Morales-Almaráz, E., González-Alcántara, F. de J., Estrada-Flores, J. G., & Arriaga-Jordán, C. M. (2021). Fatty acid profile in milk of cows fed triticale silage in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, *49*(1), 75-82. https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1884082

Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Cazanoves, F., Tablada, M., & Walter, C. (2020). *InfoStat*. https://www.infostat.com.ar/

González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., & Yañez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, *47*(3), 229-235. https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003

Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., & Mendoza-Núñez, M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *9*(1), Article 1. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332

Kaewpila, C., Khota, W., Gunun, P., Kesorn, P., & Cherdthong, A. (2020). Strategic addition of different additives to improve silage fermentation, aerobic stability and *in vitro* digestibility of napier grasses at late maturity stage. *Agriculture*, *10*(7), Article 7. https://doi.org/10.3390/agriculture10070262

Kung, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, *101*(5), Article 5. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909

Palma, J. M. G., Macías, J. G. C., & Villeda, R. R. B. (2020). Ensilaje salino de *Opuntia tomentosa*: Investigación acción-participativa con caprinocultores. *Avances en Investigación Agropecuaria*, *24*(3), Article 3.

SAS Institute Inc. (2011). *Statistical Analysis System, SAS, User's Guide*. SAS Inst. https://support.sas.com/en/software/sas-stat-support.html

't Mannetje, L. (2001). Estudio 1.0—Introducción a la Conferencia sobre el Uso del Ensilaje en el Trópico. En L. 't Mannetje (Ed.), *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. https://www.fao.org/3/x8486s/x8486s03.htm

Taylor, K. A. C. C. (1996). A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *56*(1), Article 1. https://doi.org/10.1007/BF02787869

ALTERNATIVAS EN LA COSECHA DEL CULTIVO DE MAIZ EN DESASTRES:

R. Rosiles, F. Castrejón y L. Corona.

DNAB, FMVZ, UNAM 2023

I.-Introducción.

La fabricación del alimento para el ganado de corral se realiza en forma tradicional con los esquilmos del cultivo como son los "rastrojos" del maíz o el sorgo, avena en greña, paja de cebada o alfalfa henificada, granos de maíz, sorgo, cebada, garbanzo y trigo; así mismo. planta seca de: camote, cacahuate para su molienda del segmento de dos cm de largo si es para bovinos y de 1 cm de largo para ovinos o caprinos. Este esquilmo se obtiene una vez realizada la cosecha del grano por medios mecanizados. A estos esquilmos en la fábrica de alimento para balancear la, ración se le añaden el resto de los ingredientes como son el grano, la fuente de proteína heno de alfalfa, cascarilla o harina de alfalfa, urea y los elementos minerales, cuanto baste para balacear la ración. Estos ingredientes, el ganadero los obtiene por separado y con precios comerciales.(1 y 2).

Por la molienda de la planta completa es decir el fruto y la planta se logra la molienda del grano y de la planta al mismo tiempo. La inclusión de estos cultivos, permite incrementar la calidad del alimento con la planta y el grano (como fuente de energía) de las gramíneas de verano y la fuente de proteína de las leguminosas de invierno. La mezcla de la planta gramínea con la leguminosa para la alimentación del ganado es la obtención de proteína de la leguminosa (2) y la energía de las gramíneas para balancear la ración (1). Además, la alternancia del cambio de cultivos en el mismo terreno como es la siembra de la gramínea en el verano por la leguminosa del invierno. Esta última es una planta que fija el nitrógeno del aire en el terreno durante el invierno. Además, para el próximo cultivo del verano se reducirá el uso de fertilizantes químicos y de plagas en la zona de cultivo.

Las características nutricionales del **ensilado del maíz** (como ejemplo de la plata completa) son: MS =25, PC=8.0, FC=23.5, NDF=49.3, ADF=27, Lignina=3.2, EE=2.8, Cenizas=4.8, Almidón=14, EN 18.9. (3,4,7). Los valores mas significativos de los siguientes aminoácidos en % de proteína son: alanina =8.1, ac. aspártico =9.0, ac. glutámico=11.9, glicina=4.5, prolina =5.1. Los elementos minerales: (9) g/kg de MS: Ca=2.1, P=1.9, K=13.9, Na=0.2; (mg/kg): Mg=1.2, Mn=24, Zn=27, Cu=5, He=77. Las características nutricionales del **ensilado del sorgo y maíz** se usarán para el balanceo de la dieta **(6,7).**

Materia seca (MS); proteína bruta (PB); fibra detergente neutra (FDN); fibra detergente acida (FDA); lignina (LIG); digestión in vitro de la materia seca (DIVMS), del ensilado de la planta del sorgo y del **maíz (4).**

	MS	**PB**	**FDN**	**FDA**	**LIG**	**DIVMS**
Ens. de sorgo (c/panoja)	20.0	9.1	70.3	45.1	4.9	53.6
	38.0	6.6	52.5	28.4		53.6.
Ens. de maíz (c/masorca)	29.5	7.5	58.1	35.0	6.2	55.1
	30.9	7.2	55.4	30.6	4.9	56.7.

Ens.=ensilado. Aydni, Resile,, Fontanell, Valadares, 2002.

Características nutricionales del **forraje de avena** de acuerdo a su maduración se han identificado en porcentaje de materia seca: (3).

Corte vaina	PC	Fibra	Lignina	Cenizas	P	Ca	Mg	K
50%	15.6	34	3.23	8.48	0.22	0.31	0.25	2.3
100%	14.9	35	3.92	7.64	0.21	0.33	0.26	2.2.
grano suave	12.2	35	4.63	6.47	0.17	0.26	0.26	1.6
maduro	11.5	32	4.17	6.30	0.17	0.31	0.26	1.4
maduro	10.8	35	4.90	5.76	0.17	0.28	0.26	1.2

Williston Exper. Station. 1972-73-74-75.

Las características nutricionales del grano de **garbanzo (8)** son: g/kg de proteínas 25, lípidos 5, fibra 15, almidones 55. miligramos (mg) de: P=375, Mg=160, Ca=130, K=800 y Na=20. Tiene todos los amino-ácidos esenciales para la nutrición humana, pero una baja digestibilidad de la proteína.

Composición química: (g/kg MS). en el grano y la paja del garbanzo, MO materia orgánica, PC proteína cruda; NDF fibra neutra; ADF fibra acida; FC fibra cruda para la nutrición animal (8).

	MO	cenizas	PC	GC	NDF	ADF	FC	Lignina
Grano	900	34	227	55	120	130	88	13
PAJA	922	68	65	12	694	516	390	111

Objetivo.
El objetivo es la obtención de forrajes mejorados para la alimentación del ganado a partir de la planta completa cultivada de gramíneas y leguminosas. Con el fin de disponer de ingredientes básicos para, balanceo de la dieta y alimentación durante el crecimiento y engorda de bovinos mayores (mas o menos de 200 kg de peso corporal).

Hipótesis.
La composición química del grano y esquilmos durante el cultivo de gramíneas y leguminosas variará por la inundación de la planta durante el crecimiento.

II.- Material y métodos
Las alternativas son posibles en la cosecha de la siembra del maíz después del desastre, para usarse como alimentación del ganado.
Se plantean aquellas alternativas que representen restos del cultivo con calidad alimenticia para el ganado herbívoro.
Las causas del desastre en el cultivo del maíz serán después de la invasión de la planta por:
a.- Gusano cogollero, Mosca Cantábrida
b.-Consumo del grano por aves de rapiñas como: patos silvestres (Anátidos), tordo, hurracas, ardillas.
c.-Inundación,.
Alternativas: cosecha y almacenamiento como **ensilaje de la planta de maíz fresca con elote** para alimento de rumiantes. Esto con el fin de obtener la mejor calidad alimenticia de esta planta y todavía lo mas deseable es su picado con el elote, para incrementar su valor energético. El ensilaje de la planta de maíz en circunstancias de desastre ya sea por plagas o condiciones climáticas adversas (inundación).

Cuando el desastre es por **inundación** la colecta de la planta es manual con peones, con la ayuda de una lancha para su transporte a la calzada, donde esta el vehículo terrestre transportador.
El **ensilaje de la planta de maíz sin elote** en terreno seco se practica, cuando se decide la venta del elote para consumo humano. Así mismo la planta de maíz se puede ensilar con elote, para incrementar su valor energético.
La molienda de la planta seca, (rastrojo) se practicó en un molino de martillos con criba de 2 cm de diámetro

Hipótesis: será el ensilado una alternativa económicamente rentable para la colecta de la planta de maíz y la mazorca durante la inundación en forma manual y su uso como ensilado en la ración de rumiantes.
Objetivo.-Complementar la ración alimenticia de bovinos y ovinos con: ensilado de planta de maíz obtenido durante la inundación del predio de siembra.

II.- Material y métodos.
a.-Ensilaje de la planta fresca de maíz.
La colecta de la planta del maíz para su ensilaje, se corta en el estado fenológico de la planta por la consistencia "lechoso, mazoso" del grano. Este fue el indicador para la coleta de la planta de maíz inundada. Y también será antes de que la planta por la pudrición caiga en el agua. En el caso de la inundación del predio sembrado de maíz, el corte se realiza manualmente con peones y es llevarlo al contenedor en la periferia del predio inundado para, transportarse al lugar del picado y embolsado en el lugar del ensilaje.
En el desarrollo de esta actividad se contará con un molino eléctrico con aspas de corte para pastura fresca. Para reducir el manejo de la planta de maíz el remolque de transporte será movido por un vehículo automotriz acomodado de tal forma que la descarga y molienda sea de forma directa a la tolva del molino para el picado. El molino estará dotado con un cañón vertedero de la planta de maíz picado de 2 cm de largo, directo a la bolsa de plástico de almacenamiento. Durante el llenado de la bolsa, el picado se compactará lo mas posible con la ayuda de una prensa manual, para compactar y eliminar el aire mezclado con el picado de la planta. La bolsa de plástico estará protegida con un saco de hilos tejidos de plástico, resistente al manejo y almacenamiento. El cierre de la bolsa hermética-mente se logra con una jareta en el extremo superior de la bolsa y el saco de hilo tejido. Esto con el fin de permitir la fermentación anaeróbica de la planta del maíz molida. En estas bolsas se calculó almacenar entre 60 y 80 kg de planta de maíz picado, que se puedan manejar por un peón en carretilla para transportarse al lugar de almacenamiento y al pesebre del ganado bovino u ovino. El deposito del ensilado directo en el pesebre se ahorra el desprendimiento y la evaporación de los ácidos grasos volátiles esenciales como se realiza en los silos "Bunquer" u otros sistemas mecanizados del manejo del ensilado.
La evaluación de la calidad alimenticia del ensilado se realizará por la identificación de la buena calidad como: el pH, medido con potenciómetro. El análisis químico proximal (AQP) y ácidos grasos volátiles (AGV) se realizan de acuerdo al método del AOAC 2010. Los elementos minerales esenciales (EME) se medirán por espectrometría de absorción atómica con flama y con generador de hidruros (EME), Las especificaciones para la identificación de los EME, de acuerdo a las indicaciones del manual de operación del equipo según el fabricante.
Por supuesto la adquisición del ganado bovino u ovino estará disponible para el uso del ensilado y de la mazorca molida, como ingredientes para balacear la ración del ganado.

b.-Molienda de la planta de maíz seca después de la colecta del grano.
Colecta del rastrojo para el empacado mecanizado y molienda en el molino de martillos, activado por la toma d fuerza del tractor agrícola. Los espacios de la criba serán de 1.5 cm de diámetro. Durante la salida del rastrojo del molino se acondicionará un aspersor de la solución de la urea al 2%, en 20 kg de rastrojo molido. Este costal se cerrarà herméticamente por una jareta en el extremo abierto y permitir la fermentación amoniacal al menos durante 20 días

III.-Resultados.
El costo de producción del ensilado de la planta de maíz inundada fue de: 6 viajes de 4 toneladas de planta de maíz cada uno (24 ton).

Cuatro toneladas cortadas en un día por 4 peones, 250 pesos por peón por día hacen un total de 1000 pesos diarios; por 6 igual a 6000 pesos. La molida de la planta de maíz 24 ton, costó 6000$. Costo de la bolsa y el saco de plástico 10 pesos
24 toneladas de ensilado en 342 bolsas (70 kg promedio por bolsa).

COSTO DE LA SIEMBRA DEL MAIZ
Pesos por cultivo del maíz: 18925$/ha, producen 65 ton de planta fresca de maíz.
Labores: Barbecho: 1200; rastra: 500; surcado: 500, siembra: 600 $/ha=2800.
Semilla, 30 kg/90000 semillas: 1.5 sacos con 90000 mil semillas /ha/6125$.
Labores=2800$; Fertilizante 500 kg=10000$; semilla 6125$ total = 18925$/ha.

COSTO DEL ENSILAJE Y DE LA PLANTA DE MAIZ PARA ENSILAR=6000 kg/24 ton;
Se cosechan 65000 kg de planta de maíz/ha que cuesta 18925. Así que 24 ton de planta de maíz costarán 6987$, mas 6000 del ensilaje = 12987$ del ensilaje. Así que un kg de ensilado costará 0.54$.

LABORES MANUALES PARA EL ENSILAJE.
6,000 Corte y acarreo de la planta de maíz: 24 ton
6,000 Picado y envasado de la planta de maíz.
1,726 342 bolsas de plástico para almacenamiento del ensilado.
1,500 Pago por consumo de la electricidad del molino picador.
15,226 24 ton=0.59 $/kg.

Siembra del maíz /ha=18925$ para obtener 65/ton/ha; de esto se desprende que el costo de 24 ton de planta de maíz es de 6803$; mas 15226$ por el ensilaje, es igual a 22029$ de 24 ton. Al dividir 24000 entre 22029 es igual a: 0.91 $/kg de ensilado.
Si el ensilado tiene 60% de materia seca el kilogramo con 40 % de humedad me costara 1.27 $ la materia seca de un kilogramo sin humedad.

Acciones físicas y químicas para reducir la cantidad de lignina del rastrojo del maíz para hacer el heno digestible por el rumiante.
La molienda de las pacas de rastrojo de la planta de maíz, es la actividad física para reducir el tamaño de la partícula y pueda ser masticado y ensalivado por el ganado. Esta actividad se realiza como operativo físico de la partícula del rastrojo en criba de 2.5 cm de diámetro, en un molino de martillos accionado por la toma de fuerza del tractor agrícola. Este procedimiento cuesta 1.5 pesos/kg del rastrojo del maíz por la renta del servicio, (molida de la paca y transporte del molido al henil de la granja). La suma del valor del kg del rastrojo en la paca de 25 kg, (un peso/kg), se le añade el 1.5 pesos de la molienda. En este momento el kg del rastrojo molido es de 2.5 pesos. La amonificación del rastrojo con urea disuelta en agua se recomienda, como agente químico para hidrolizar la lignina (celulosa y hemicelulosa) y nitrificar el rastrojo. La amonificación del rastrojo se acomoda durante el llenado del costal al salir del vertedero del molino con un sistema de asperjado.
La solución acuosa de urea es al 2 %, es decir 20g de urea por litro. La solución de la urea para asperjar el rastrojo se aplicará en dos litros (40 g de urea) por costal de rastrojo molido de 20 kg. Se recomienda la solución de 20 litros de urea al 2 % (400 g de urea en 20 litros de agua, para diez costales de 20 kg cada uno). El aprovechar el asperjado del rastrojo con la solución de urea en la molienda del rastro es porque no se desarrolla ninguna otra actividad del manejo del molido del rastrojo, solo el gasto de la urea y un peón que pueda manejar el asperjado de dos litros de solución de urea por costal de rastrojo molido, de 20 kg. Además el asperjado durante el llenado del costal será uniforme. Con este tratamiento se hidroliza la lignina y nitrifica el rastrojo.
El costo del rastrojo molido es de 2.4 pesos/kg.
El costo de labores manuales de ensilaje de planta de maíz con elote en base húmeda es de: $/0,63 pesos.
El costo de la producción mecanizada de la planta fresca de maíz es 0.29/kg. El costo del kg de ensilado de planta fresca de maíz es de 0.92$

Costo $/kg.
Ensilaje. 0.63
Planta maíz fresca. 0,29

*E*nsilado **.** 0.92
Rastrojo molido. 2.40

IV.- Referencias.

1.-Adam M, Jonhson M., Rolfe K., Harding J.H, Klopfenstein T. I., 2012. Nutritive Value and Amount of Corn Plant Parts. Nebraska Beef Cattle Report; 11_12.
2.-AOAC: American Organization of Analytical Chemistry.
3.-Bampidis V A., V. Christodoulous 2011. Chickpeas (Cicer arietinum) in animal nutrition: A review, Anim. Feed. Scie. and Tech. 168 1-20.
4.-Erickson D.O., Riverland N.R. and French E.W., 1975. The nutritional value of oat hay harvested at several stages of maturity. Willison experiment Station. Nebraska. Willison 1972_73_74_75.
5.-Feedipedia Animal feed resources information system. www feedipedia org/node/13883. Maize silage. Table of chemical composition and nutritional value.
6.-Gutierrez P.N., Chow W. Z. Bastianelli D B, L, Obando S.R y Troubhe G. 2013 Productividad y calidad nutricional de 8 genotipos de sorgo para doble propósito. Agronom. Mesoamer 24. 119 -31.
7.-Kug Lim J. M., Judson D., Smith J.M and J. Preger R. D. 2015. Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene. J. of Dairy Sciens. 98: 2055_2062.
8.-Ribeiro P. L. G,. Rodríguez N.M., Goncalves L. C., Pires D. A. de A. 2007. Consideraciones sobre los ensilajes del sorgo., Jornada sobre producción y utilización de ensilajes. Octubre, Petrolma. P E, Brasil.
9.-Wikipedia. *Cicer arietinum*. Wikipedia. org/wiki/Cicer arietinum and Nutrition 10/7/20.
10.-The Perkin Elmer Corporation, 1994. Analytical Methos for Atomic Absorption Spectrometry. 761 Main Ave. Norwalk CT. 06859 _0012 USA

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS *In vitro* DE BLOQUES NUTRICIONALES QUE INCLUYEN VAINA DE ALGARROBO O PAROTA

*Gómez-Mozo J.A., Sánchez-Santillán P., Herrera-Pérez J., Ayala-Monter M.A.

Resumen:
Los bloques nutricionales (BN) representan una estrategia en la época de estiaje para cubrir los requerimientos de rumiantes en pastoreo. Además, las vainas de algarrobo (*Samanea saman*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*) son alternativas para su uso en BN. El objetivo fue evaluar la producción de biogás y características fermentativas *in vitro* de BN que contenían 0 (testigo) o 30% de vaina de algarrobo o parota. En el ensayo *in vitro* se colocaron en un vial (120 mL) 0.5 g de un BN y 50 mL de medio de cultivo bajo flujo de CO_2 y se incubaron a 39 °C. La producción de gas se midió a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 y 72 h. Los estimadores de la cinética de producción de gas se determinaron con el modelo de Gompertz (*A*= potencial de producción de biogás total, *b* = tasa constante de producción de biogás, *k* = tiempo de lag. A las 72 h de incubación se determino degradación de materia seca (DMS), degradación verdadera de materia seca (DvMS) y degradación de fibra detergente neutro (DFDN). Además, degradación de materia orgánica (DMO) y energía metabolizable (EM). La producción acumulada de biogás mostró que a partir de las 10 h de fermentación, el bloque testigo produjo la mayor cantidad de biogás ($p<0.05$) y los que contenían algarrobo y parota no mostraron diferencias entre ellos ($p>0.05$). Los bloques testigo mostraron mayor EM, DMO, *b*, *k*, y *A* ($p<0.05$). La DMS, DvMS y DFDN no mostraron diferencias entre bloques ($p>0.05$). La conclusión del presente trabajo es que a nivel laboratorio, el uso de 30% de vaina de algarrobo o parota no modifica la degradación de la materia seca y fibra detergente neutro en comparación con un bloque testigo, independientemente la disponibilidad de los carbohidratos para su fermentación.

Palabras clave: leguminosas, degradación, biogás, laboratorio

Introducción

En México, la producción de rumiantes en el trópico se basa en forrajes. La producción de biomasa es abundante en época de lluvias; sin embargo, en la época de sequía los forrajes disminuyen su calidad nutritiva, primordialmente sus niveles de nitrógeno y digestibilidad. Así el uso de bloques nutricionales (BN) se convierte en una estrategia para cubrir dichas deficiencias (Correa *et al*., 2009). Los BN se caracterizan por ser sólidos y compactos; su consumo se regula por los ingredientes y debido a su característica física facilita su manejo (Sánchez-Santillán *et al*., 2019). Así mismo, contienen proteína, energía y minerales que ayudan a los microorganismos del rumen a mejorar la digestibilidad de la fibra (del Valle *et al*., 2019).

El algarrobo (*Samanea saman)* es un árbol cuyos frutos son legumbres o vainas amarillentas delgadas, largas, carnosas con pulpa dulce. Las semillas son ovoides, de color pardo de 6 a 7 mm de longitud. Esta vaina es una legumbre que no se abre al secarse, de manera que no pierde la pulpa, ni las semillas (Dostert *et al*., 2012). Según Hernández-Morales *et al*. (2018) la vaina de algarrobo contiene 34.37% de fibra detergente neutro (FDN), 25.06 de fibra detergente ácido (FDA), 4.29% de cenizas (Ce) y 16.08% de proteína cruda (PC). Por otra parte, la vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) es un producto palatable para rumiantes que contiene carbohidratos estructurales poco lignificados, altamente digeribles y las semillas poseen un alto contenido de aminoácidos, a excepción de los azufrados, específicamente metionina y cisteína (Cecconello *et al*., 2003). Esta vaina contiene 28.38% de FDN, 20.40% de FDA, 4.13% de Ce y 19.5% de PC (Hernández-Morales *et al*., 2018).

La técnica *in vitro* permite la evaluación de alimentos usando microrganismos ruminales como inóculos. Es una herramienta versátil por los procedimientos didácticos y accesibles, menores costos, capacidad de mantener las condiciones experimentales con mayor precisión y es una alternativa compatible con la legislación del bienestar animal (Vargas-Bayona *et al*., 2013). Por tanto, el objetivo fue evaluar la producción de biogás y características fermentativas *in vitro* de bloques nutricionales que contenían 30% de vaina de algarrobo o parota como una estrategia para la alimentación de rumiantes en el trópico.

* *Gómez-Mozo Jesús Antonio. Correo: 17333282@uagro.mx Tel: +1(714)7916718

Materiales y métodos

Lugar de estudio. La investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No .2 de la Universidad Autónoma de Guerrero; ubicando en el km 197 de la carretera Acapulco-Pinotepa Nacional, Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

Bloques Nutricionales (BN). Las vainas maduras fisiológicamente de algarrobo (*Samanea saman*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*) se obtuvieron de árboles localizados en la localidad de Cuajinicuilapa, Guerrero. Las vainas fisiológicamente maduras se recolectaron de 2 árboles y se hizo una muestra compuesta para cada tipo de vaina. Las vainas se molieron en un molino de martillo sin colocar criba. El heno de pasto pangola tenía alrededor de 210 d de rebrote y se molió en un molino de martillos con una criba de 2 cm de diámetro. La composición de los bloques nutricionales se muestra en el Cuadro 1. La preparación de los BN fue según lo descrito por Morales-Campos *et al*. (2022).

Análisis químico bromatológico. La materia seca (MS) se determinó secando las muestras a 55 °C por 72 h (AOAC, 2005; # 967.03). Las muestras se procesaron en un molino Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con criba de 1 mm. La proteína cruda (PC) se obtuvo mediante método de micro Kjeldahl (# 920.105), la materia orgánica (MO) y cenizas se estimaron por incineración en un horno de mufla (# 942.05) según AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron usando soluciones y bolsas ANKOM, adicionando α-amilasa para FDN con inclusión de cenizas residual en el cálculo.

Cuadro 1. Composición de bloques nutricionales que contienen 30% de vaina de algarrobo o parota

Variables	Algarrobo	Parota	Testigo
Composición (%)			
Melaza de caña	20	20	20
Urea	8	8	8
Maíz molido	14	19	38
Vaina	30	30	-
Pasta de soya	6	1	9
Sal común	5	5	5
Mezcla mineral	5	5	5
Cal	10	10	10
Heno pasto pangola	2	2	5
Composición químico bromatológico			
Materia seca (%)	98.34	96.51	83.56
Proteína cruda (%)	31.00	31.68	28.93
Materia orgánica (%)	76.46	69.47	74.42
Cenizas (%)	23.54	30.53	25.58
Fibra detergente neutro (%)	32.40	39.39	28.70
Fibra detergente ácido (%)	14.61	12.70	11.88
Hemicelulosa (%)	17.79	26.69	16.82

Técnica de producción *de* gas *in vitro*. El medio de cultivo contenía: 5% de solución mineral I [6 g K_2HPO_4 en 1000 mL de H_2O destilada], 5% de solución mineral II [6 g KH_2PO_4 + 6 g $(NH_4)_2SO_4$ + 12 g NaCl + 2.45 g $MgSO_4$ + 1.6 g CaCl-$2H_2O$ en 1000 mL de H_2O destilada], 5% de solución buffer [80 g Na_2CO_3 en 1000 mL de H_2O destilada], 4% de solución reductora [3.125 g L-cisteína, ajusta a pH 10 con NaOH (2N) + 3.125 g Na_2S-$9H_2O$ + 0.1 mL de resazurina 0.1% en 250 mL de H_2O destilada, todo bajo flujo de CO_2 y 250 °C de temperatura], 0.1% de resazurina a 0.1%, 45.9% de agua destilada y 35% de líquido ruminal fresco. El fluido ruminal fresco se obtuvo de un bovino con cánula ruminal alimentados con pasto

pangola y vaina de algarrobo; este se manejó de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar animal de la UAGro con fundamento en las normas oficiales NOM-062-ZOO-1999.

En viales serológicos (120 mL) se colocaron 0.5 g de un tipo de bloque y 50 mL de medio de cultivo bajo flujo de CO_2 y se incubaron a 39 °C en una incubadora. La producción de gas *in vitro* se midió mediante el desplazamiento del embolo de una jeringa de vidrio de (50 mL) a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 y 72 h. Los estimadores de la cinética de producción de gas se determinaron con el modelo de Gompertz: $Y=A*\{\exp[-b*\exp(-k*t)]\}$ donde Y=volumen de biogás en el tiempo t (ml g^{-1} de MS); *A*= potencial de protección de biogás total cuando t=∞ (mL g^{-1} de MS); *b* = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable (%h^{-1}); *k* = tiempo de lag o eficiencia microbiana (h), t = tiempo de incubación (Lavrenčič *et al*., 1997). Los estimadores *A, b* y *k* se estimaron con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011).

Características fermentativas *in vitro*. Posterior a las 72 h de incubación, en bolsas ANKOM® se filtró el residuo de los viales y se secaron a 55 °C por 72 h para estimar la degradación de la materia seca (DMS; Hernández-Morales *et al*., 2018). A continuación, las bolsas se sellaron con calor y se determinó FDN para estimar la degradación verdadera de la materia seca (DvMS) al eliminar los microorganismos adheridos durante la fermentación *in vitro* (Sánchez-Santillán *et al*., 2015) y la degradación de la fibra detergente neutro (DFDN; Hernández-Morales *et al*., 2018). La degradación de la materia orgánica (DMO) y energía metabolizable (EM) se estimaron con el modelo descrito por Menke *et al*. (1979).

Análisis estadístico. El diseño experimental fue completamente al azar. El análisis de la producción acumulada de biogás, estimadores de cinética de producción de gas y características fermentativas *in vitro* se analizaron con el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al*., 2020). Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey (α= 0.05).

Resultados

La producción acumulada de biogás a las 2 h no presentó diferencias entre tratamientos (p>0.05) promediando 0.81 mL/g MS; mientras que a las 4 h los bloques con algarrobo y testigo promediaron 17.71 mL/g MS, sin diferencia entre ellos (p>0.05), lo que represento una producción de 105% más biogás que los bloques de parota (p<0.05). A las 6 y 8 h de fermentación, la mayor producción de biogás fue del bloque testigo, seguido por el que contenía algarrobo y último el que contuvo parota (p<0.05). A partir de las 10 h de fermentación y hasta las 72 h, la mayor producción de biogás fue del bloque testigo (p<0.05). Cabe destacar, los bloques nutricionales que contenían algarrobo y parota no mostraron diferencias en los mismos tiempos de fermentación (p<0.05; Figura 1).

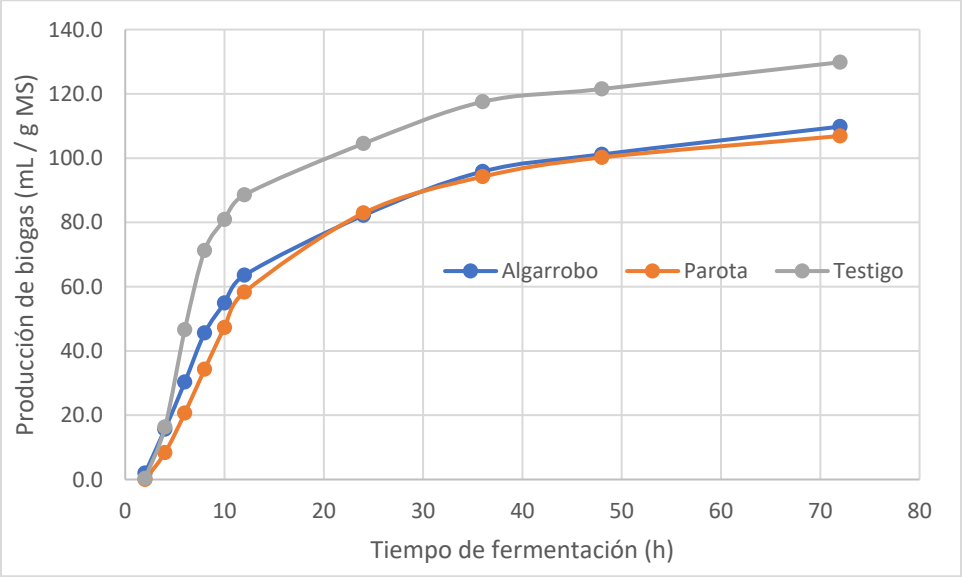


Figura 1. Producción acumulada de biogás de bloques nutricionales elaborados con 30% de vaina de algarrobo o parota

Los bloques testigo mostraron 14.9, 13.1, 48.6 y 39% mayor EM, DMO, *b* y *A* que los bloques nutricionales que contienen algún tipo de vaina ($p<0.05$). La DMS, DvMS y DFDN no mostraron diferencias entre bloques ($p>0.05$), promediando 52.46, 84.14 y 53.17%, respectivamente. El estimador *k* fue mayor en los bloques testigo, seguido por parota y al último algarrobo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características fermentativas *in vitro* de bloques nutricionales que incluyen 30% de vaina de algarrobo o parota

Tratamiento	Algarrobo	Parota	Testigo	EEM
EM (Mcal/kg MS)	1.49[b]	1.52[b]	1.73[a]	0.03
DMO (%)	45.22[b]	46.38[b]	51.80[a]	0.73
DMS (%)	54.10	45.30	57.99	2.53
DvMS (%)	88.63	83.71	80.07	1.63
DFDN (%)	49.73	49.40	60.37	4.40
A (mL/g MS)	100.68[b]	102.07[b]	141.73[a]	
b (mL/h)	0.18[b]	0.17[b]	0.26[a]	
k (h)	3.58[c]	4.41[b]	5.07[a]	

[a,b]Medias con diferente letra por fila son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).
EM = energía metabolizable; DMO = degradación de materia orgánica; DMS = degradación de materia seca; DvMS = degradación verdadera de materia seca; DFDN = degradación de la fibra detergente neutro; *A* = producción potencial de gas; *b* = tasa de producción de gas del material potencialmente degradable; *k*= tiempo lag; EEM = error estándar de la media.

Discusión y conclusiones

La técnica de producción de gas *in vitro* permite estimar y predecir la fermentación de los carbohidratos estructurales y no estructurales (Amanzougarene y Fondevila, 2020) y sus productos de fermentación. De tal manera, que la producción de gas acumulado del bloque testigo fue mayor por su composición; ya que contiene mayor cantidad de maíz molido (Cuadro 1), lo cual se reflejó en una mayor disponibilidad de almidones que al fermentarse produjeron más biogás. Por lo que el contenido de maíz en los bloques influye directamente en la producción de biogás del presente estudio. Esto porque los bloques nutricionales del presente estudio fueron proteicos, donde se buscó elaboraron con base en PC y no se consideró la cantidad de carbohidratos disponibles para la fermentación. Esto también se reflejó en los estimadores de la cinética de producción de biogás, ya que el contenido de almidón infirió en los niveles de *A* y *b*, por la biodisponibilidad de los almidones que contiene el maíz.

Los niveles de degradación de materia orgánica se asumen al contenido y composición de fibra de las vainas y del heno de pasto pangola; ya que el bloque testigo presenta mayores valores porque no contenía vainas y sólo 5% de heno. Sin embargo, en los bloques con vainas fisiológicamente maduras se esperaría menor degradación por la acumulación de celulosa y otros carbohidratos complejos que se enlazan con lignina mediante el proceso de lignificación (Hoffman *et al*., 2007); se observó que no hubo deferencias en la DMS, DvMS y DFDN, indicando que la disponibilidad de la PC del bloque cubrió los requerimientos de nitrógeno de los microorganismos ruminales (Giraldo *et al*., 2005) usados como inoculo que no modificó la degradación de los bloques independientemente de su composición (Cuadro 1). La conclusión del presente trabajo es que a nivel laboratorio, el uso de 30% de vaina de algarrobo o parota no modifica la degradación de la materia seca y fibra detergente neutro en comparación con un bloque testigo, independientemente la disponibilidad de los carbohidratos para su fermentación.

Literatura citada

Amanzougarene, Z., & Fondevila, M. (2020). Fitting of the *in vitro* gas production technique to the study of high concentrate diets. *Animals*, *10*(10), Article 10. https://doi.org/10.3390/ani10101935

AOAC. (2005). *Official methods of analysis* (18.ª ed.). Association of Official Analytical Chemist. https://www.eoma.aoac.org/

Cecconello, G., Benezra, M., & Obispo, N. E. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Tropical*, *21*(2), Article 2.

Correa, H. J., Pabón, M. L. R., & Carulla, J. E. F. (2009). Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, *21*(4), Art. 59.

del Valle, R. J. M., Barrera, L. E., Ruiz, C., Ortega Vergara, B. C., & Rojas, D. L. (2019). *Elaboración de bloques multinutricionales como alternativa alimenticia para bovinos en épocas de sequía*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7071

Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Cazanoves, F., Tablada, M., & Walter, C. (2020). *InfoStat*. https://www.infostat.com.ar/

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I., Weigend, M., & Luebert, F. (2012). *Hoja botánica: Algarrobo. Prosopis pallida (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth*. Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/184

Giraldo, L. M., Medina, G. E., & Osorio, F. (2005). Utilización del nitrógeno por los rumiantes. En R. M. Pabón & L. J. Ossa (Eds.), *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca* (pp. 45-66). Universidad de Antoquia. https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/326390

Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., & Mendoza-Núñez, M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *9*(1), Article 1. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332

Hoffman, P. C., Lundberg, L. M., Shaver, R. D., & Contreras-Govea, F. E. (2007). El Efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (fibra detergente neutro). *Focus on Forage*, *15*(5), Article 5.

Lavrenčič, A., Stefanon, B., & Susmel, P. (1997). An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Animal Science*, *64*(3), Article 3. https://doi.org/10.1017/S1357729800016027

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, *93*(1), Article 1. https://doi.org/10.1017/S0021859600086305

Morales-Campos, B. K., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Alaniz-Gutiérrez, L., Saavedra-Jiménez, L. A., & Aguilar-Marcelino, L. (2022). Degradación de materia seca *in vitro* a diferentes tiempos de fermentación de un bloque nutricional con vaina de algarrobo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, *10*(1), 23-28.

Sánchez-Santillán, P., Meneses-Mayo, M., Miranda-Romero, L., Santellano-Estrada, E., & Alarcón-Zúñiga, B. (2015). Fribrinolytic activity and gas production by *Pleurotus ostreatus*-IE8 and *Fomes fomentarius*—EUM1 in bagasse cane. *Revista MVZ Córdoba*, 4907-4916. https://doi.org/10.21897/rmvz.6

Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Rojas-García, A. R., Bottini-Luzardo, M. B., Maldonado-Peralta, M. Á., Escobar-España, J. C., Reyes-Vázquez, I., Manuel-Luviano, D., & Herrera-Pérez, J. (2019). Kinetics of gas production and *in vitro* fermentative characteristics of the substitution of cane molasses for mango pulp in the elaboration of nutritional blocks. *Agrociencia*, *53*(7), Article 7.

SAS Institute Inc. (2011). *Statistical Analysis System, SAS, User's Guide*. SAS Inst. https://support.sas.com/en/software/sas-stat-support.html

Vargas-Bayona, J., Mejía-Porras, G., Bedoya-Mashuth, J., & Gómez-Patiño, J. F. (2013). Estimación de la técnica in vitro de gases frente a otras técnicas de digestibilidad. *Spei Domus*, *9*(18), Article 18. https://doi.org/10.16925/sp.v9i18.547

SUPLEMENTACIÓN EN BECERROS POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO SUBHÚMEDO

*Ventura R.J., Quiñones C.K.A., Santiago O.M.A., Álvarez V.P., Rojas G.A.R., García S.A.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de becerros postdestete en condiciones de pastoreo. Se evaluaron 3 tratamientos (n=4), se estudiaron 12 machos Brangus x Brahman durante 91 días. Las variables evaluadas fueron: ganancia de peso (GDP) y peso vivo (PV), las cuales fueron analizadas mediante un análisis de varianza y comparadas con la prueba de Tukey (α=0.05), usando el programa SAS. La ganancia diaria de peso vivo (GDPV) tuvo mejor comportamiento en el T2 ($p<0.05$) en comparación con T0 en el día 42 y 56 de muestreo, sin embargo, fue similar al T1. El T2 supero en 15% al grupo testigo ($p<0.05$) en el comportamiento del peso vivo (P.V.) en el día 84 de muestreo. La suplementación de becerros postdestete al 1.0% de su PV mejora la GDP y el PVF. El costo del tratamiento 2 fue mejor.

Palabras clave: Suplementación, peso vivo, ganancia de peso, praderas, becerros.

INTRODUCCIÓN

El consumo de forraje del ganado en pastoreo está regulado por el proceso de cosecha y es uno de los más importantes para determinar el desempeño del animal (Da Silva et al., 2013). La estructura de la pradera de pastos tropicales afecta la eficiencia de cosecha del forraje por parte del ganado en pastoreo y podría tener un impacto en el consumo de forraje tan grande como en el llenado del rumen (Van Soest et al., 1991). Las condiciones favorables del trópico mexicano, permiten producir una adecuada cantidad de forraje por unidad de área para consumo animal, por lo que, la zona tropical es la principal productora de ganado bovino para consumo nacional y exportación, lo que representa el 45% del total de cabezas de bovinos en el país, aproximadamente 15.4 millones, predominando las razas cebuinas y sus cruzas con ganado *Bos taurus* (SIAP, 2019). En los sistemas tropicales de México, las praderas se forman de monocultivos de gramíneas forrajeras, básicamente, predominando los pastos del género *Urochloa* y *Megathyrsus*, sin embargo, esta fuente alimenticia no cumple los requerimientos del animal y en consecuencia la productividad es baja cuando los animales no son suplementados (Da Silva et al., 2013). El objetivo del presente experimento fue evaluar el desempeño de becerros en condiciones de pastoreo suplementadas con un concentrado con base a su peso vivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin” propiedad de Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA), ubicado en el municipio de Tzucacab localizado en la región sur del estado de Yucatán, (19º 38’ y 20º 09’ LN y 88º 59’ y 89º 14’ LO); a 36 msnm, la zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y con una mínima precipitación en invierno. Las temperaturas ambientales y precipitaciones registradas se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin”, Yucatán, México. La temperatura máxima fue de 33.1 °C, mientras que la mínima fue de 18.1 °C. La precipitación acumulada fue de 626.1 mm (Figura 1). El experimento inicio el 16 de junio y culmino el 15 de septiembre del 2021. Se utilizaron 12 becerros Brangus x Brahman, destetadas de 7 a 9 meses de edad. Los animales tuvieron acceso libre a agua limpia y fresca durante el desarrollo experimental. Cada becerro fue pesado, se asignaron aleatoriamente a tres grupos experimentales (n=4). Grupo testigo (T0): peso vivo inicial promedio de 222.1 kg; solo se ofreció minerales (200 g d^{-1} animal). Tratamiento 1(T1): peso vivo inicial promedio de 220.6 kg; recibieron 0.5% de concentrado en base a su P.V. Tratamiento 2 (T2): peso vivo inicial promedio de 218.5 kg; recibieron 1.0% de concentrado en base a su P.V. Cada grupo experimental, fue alojado a un potrero,

* *Ventura Ríos Joel; Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah. México. E-mail: joelventur@gmail.com, Tel: 844.138.6933.

en donde la alimentación estuvo basada en un sistema en pastoreo extensivo rotacional en potreros de pasto Mombasa (*Megathyrsus maximus*), Mestizo blend (*Urochloa* híbridos CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794) y el concentrado utilizado fue el siguiente; maíz molido (73.8%), pasta de canola (18%), melaza (4.9%), minerales (3.3%), ajustando los requerimientos en bases a la normas del N.R.C. (2021) para animales en crecimiento, Materia Seca (87.7%), Proteína Total (13.1%) y Energía Metabolizable (2.76 Mcal kg MS^{-1}). Los minerales utilizados para este experimento fueron elaborados para bovinos en crecimiento (Organic mix production; Biotecap). Cada 8 días, cada grupo experimental era rotado a un nuevo potrero y se pesaban cada 14 días para monitorear la ganancia de peso vivo y ajustar la oferta de concentrado, el pesaje se monitoreaba en una báscula de piso adaptada para animales, con una precisión de ± 0.5 kg. La oferta del concentrado fue durante la mañana (8:00 a.m.) durante 91 días. Las variables evaluadas fueron, ganancia diaria de peso y peso vivo, con ayuda de una hoja de cálculo de excel se estimaron los costos de producción del día 14 de junio del 2021 en el estado de Yucatán, México. Se realizó un análisis descriptivo en función de los machos y se probó el efecto de la suplementación en las variables GDP y PV mediante un ANOVA. Las medias fueron comparadas mediante una prueba de Tukey (α=0.05), usando el programa SAS-
PC System ® Versión 9.4 para Windows.

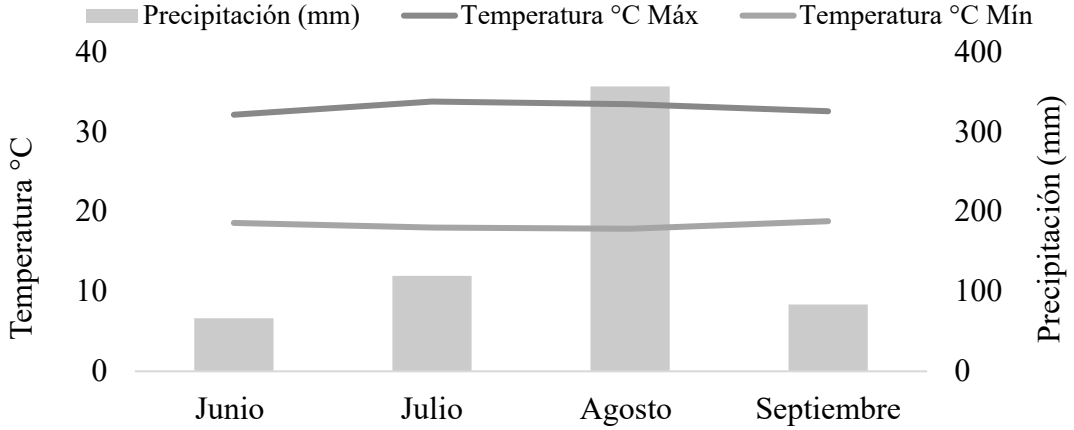


Figura 1.

Temperatura ambiental y precipitación acumulada durante el periodo experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ganancia diaria de peso a los 42 y 56 días de muestreo fue mayor en el T2 ($p<0.05$) en comparación con T0, sin embargo, fue similar al T1 ($p>0.05$; Cuadro 1). Durante el experimento, en promedio la ganancia diaria de peso fue de 0.830 kg d^{-1} para el tratamiento 2, mientras que para el tratamiento 1 y testigo fue de 0.656 y 0.386 kg d^{-1}, respectivamente. Al respecto, Nolasco *et al.* (2023) reportaron ganancias diarias de peso de 0.777 kg d^{-1} en un período de 91 días en becerras en pastoreo en clima cálido subhúmedo que consumieron el 1.0% de concentrado en base a su peso vivo, mientras que los animales que consumieron solamente minerales (200 g d^{-1} animal) ganaron 0.397 kg d^{-1}. En otras investigaciones, se han reportado ganancias menores a 500 kg d^{-1}, en periodos similares a al presente estudio (Graillet *et al.* (2017). El desarrollo de becerros en condiciones de pastoreo sin suplementación, no es suficiente para incrementar la GDPV (Núñez *et al*., 2005), debido a la variación en su composición química de los forrajes tropicales, los cuales se modifican a medida que incrementa su etapa fenológica (Ventura *et al*., 2023). Por otro lado, el bajo aporte nutricional de los forrajes sobre todo en época de seca, incrementa la estancia en los potreros, limitando el desarrollo y crecimiento de los animales, así como los costos de producción (Núñez *et al*., 2005). El tratamiento 2 fue mayor en 15% (equivalente a 37.5 kg de P.V; $p<0.05$), mientras que el tratamiento 1 presento incremento del 9% (equivalente a 22.7 kg de P.V; $p<0.05$) a los 84 días después de iniciado el experimento, con respecto al grupo testigo (Cuadro 2). Los costos de producción fueron de 18.4 y 24.6 pesos/M.N. por kg de P.V., para el tratamiento 1 y 2 respectivamente, mientras que para el grupo testigo fue de 4.3 pesos/M.N.

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso (kg d^{-1} $anim^{-1}$) de becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

Días	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Pr>F Trat
14	0.625 ABa	0.919 ABa	0.687 ABa	0.537
28	0.357 ABa	0.589 ABa	0.848 ABa	0.100
42	-0.357 Bb	0.214 Bab	0.750 ABa	0.015
56	0.687 ABb	1.151 Aab	1.232 Aa	0.025
70	-0.294 Ba	0.428 ABa	0.303 Ba	0.083
84	1.151 Aa	0.464 ABb	1.151 Aa	0.015
91	0.533 ABa	0.829 ABa	0.839 ABa	0.878
Promedio	0.386	0.656	0.830	
Pr>F Trat	0.012	0.010	0.033	

ABCDEF. Distintas literales indican diferencia ($p<0.05$) entre las medias de las hileras.
ab Distintas literales indican diferencia ($p<0.05$) entre las medias de las columnas.

Cuadro 2. Comportamiento del peso vivo (kg d^{-1} $anim^{-1}$) de becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

Días	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Pr>F Trat
0	222.1 Da	220.6 Ea	218.5 Ea	0.895
14	230.8 CDa	233.5 Da	228.1 Ea	0.868
28	235.8 BCa	241.7 Da	240.0 Da	0.820
42	230.8 CDa	244.7 Da	250.5 Ca	0.239
56	240.5 Ba	260.8 Ca	267.7 Ba	0.079
70	236.3 BCa	266.8 BCa	272.0 Ba	0.050
84	250.6 Ab	273.3 ABab	288.1 Aa	0.049
91	254.3 Aa	282.8 Aa	294.0 Aa	0.081
Pr>F	<.0001	<.0001	<.0001	

ABCDEF. Distintas literales indican diferencia ($p<0.05$) entre las medias de las hileras.
ab Distintas literales indican diferencia ($p<0.05$) entre las medias de las columnas.

CONCLUSIÓN

Para las condiciones de nuestro estudio, el ofrecer una suplementación del 1% con base al peso vivo de los becerros, mejora la ganancia diaria de peso y favorece el manejo de las praderas.

LITERATURA CITADA

Da Silva, S.C., Gimenes, A.M.F., Sarmento, L.O.D., Sbrissia, F.A., Oliveira, E.D., Hernández-Garay, A., Pires, V.A. (2013). Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. J. of Agri. Sci. 151:727–739. https://doi.org/10.1017/S0021859612000858.

Graillet, J. E. M., Arieta, R. R. J., Aguilar, G. M. C., Alvarado, G. L. C. y Orozco, N. R. (2017). Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales.

REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(1). https://www.redalyc.org/pdf/636/63649684010.pdf

National Research Council. (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ad. Natl. Acad. Press, Washington, DC. USA.

Nolasco, G.G.A., Ventura, R.J., Santiago, O.M.A., Peña, R.F.M., García, S.A. (2023). Suplementación en becerras postdestete en condiciones de pastoreo. XXVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. XLVIII Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y la Seguridad Alimentaria. (En imprenta).

Núñez, A. C., Martínez, P. E., & Rentaría, I. D. (2005). Efecto de tres suplementos proteicos sobre la ganancia de peso en becerros cebú/suizo que pastan en Zacate Estrella de África (Cynodon plectostachyus). Revista Científica UDO Agrícola, 5(1), 103-106. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2221637.pdf

SAS Institute. (2011). SAS/STAT User's Guide. Release 9.3. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 564 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Resumen nacional. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp. Recuperado: 04/06/2023).

Van Soest, P.J., Robertson, B.J., Lewis, A.B. (1991). Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy caltle. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Ventura, R.J., Rojas, G.A.R., Barrera, M.I., García, S.A., Maldonado, P.M. (2023). Cutting frequency in cayman grass (*Urochloa* hybrid) on the calorific power of the mexican wet tropic. Agrociencia. 57(3):1-14. https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i3.2581.

DEFICIT DE VITAMINA A Y VITAMINA B1 EN TERNEROS DE RAZA DE LIDIA.

[*]Dávila M. U. M, Calva R. B. A, Lomillos P. J. M, Hernández R. E. G, Saad V. F.

RESUMEN: La Vitamina A (Retinol) es esencial para la visión normal, el crecimiento, la reproducción y el mantenimiento de las mucosas. La primera manifestación de deficiencia puede ser la ceguera nocturna.

La Vitamina B1 (Tiamina) en rumiantes es producida por las bacterias ruminales. Las alteraciones en la flora ruminal pueden llevar a la disminución de la producción de tiamina por falta de bacterias que la sintetizan o por presencia de bacterias que producen *tiaminasas*. La polioencefalomalacia (PEM), es una enfermedad neurológica causada por disturbios en el metabolismo de la tiamina, cuya principal característica es la necrosis laminar de la corteza cerebral.

MATERIAL Y MÉTODOS: Cinco terneros de lidia de 9 – 11 meses de edad fueron remitidos para su estudio; la sintomatología que presentaban era de: debilidad, ataxia, temblores musculares, incoordinación, convulsiones esporádicas y ceguera. Se hizo estudio oftalmológico mediante electroretinografía. Los órganos blanco para este estudio fueron cerebro, cerebelo y médula espinal. Se utilizó la tinción de H-E como técnica de rutina, la tinción de Kluver-Barrera para evidenciar el grado de desmielinización y Lámpara de Wood para apreciar las zonas de necrosis. Además, se hicieron estudios complementarios: Bioquímica Especial – HPCL (*High performance liquid chromatography)* para la cuantificación de vitaminas, PCR y ELISA, para descartar la presencia de agentes virales y examen coprológico.

RESULTADOS: Macroscópicamente se aprecian zonas con reblandecimiento y coloración amarillenta sobre la corteza cerebral y hemorragia bien delimitada en el lóbulo parietal del hemisferio derecho. Con la lámpara de Wood se pudo confirmar que la necrosis era evidente en el área occipital, muy significativa y localizada. Microscópicamente las lesiones son del mismo tipo en todas las partes afectadas, necrosis laminar de las neuronas que afecta sobre todo las láminas más profundas y las neuronas son reducidas, acidófilas, y rodeado de un espacio claro, infiltrado linfocitario muy acusado y desmielinización en la sustancia blanca, siendo más significativa en médula espinal.

HPCL confirma que la Tiamina está en los limites inferiores, 4,0 mc/dl (Valores de referencia 3,20 - 9,50) y además las cifras de Retinol, 0.16 mg/dl están muy por debajo de los valores de referencia (0,26 - 0,80). Mediante PCR y ELISA los resultados de Virus Respiratorio Sincitial Bovino (BRSV), Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR), Diarrea viral Bovina (BVD) y Rotavirus, fueron son negativos. El análisis coprológico confirma una parasitosis por Coccidios muy elevada (93,300 ooquistes / gr heces), sobrepasando los límites superiores.

CONCLUSIONES: Este es el primer caso reportado en esta raza y la etiología a la que atribuimos estos casos, está estrechamente relacionada a la escasez de pastos verdes como suministro de caroteno, y la infestación tan evidente de coccidios evita que dichos nutrientes sean absorbidos vía intestinal, ocasionando la ceguera y la muerte de estos animales.

LITERATURA CITADA:

1.- Braford P. Smith, 2010. Medicina Interna de Grandes Animales. 4° Edición. Editorial Elsevier. Pág. 1021 a 1026 y 1028 a 1030.

2.- Cravero, E.; Martino, L.; Pontarelli, F.; Ruiz, M.; Aguirre, F.; Russi, N.; Sanchez, A.; Machado, S.; Angeli, E.; Allassia, M. Descripción de dos casos de carencia vitamínica con similar signología nerviosa en bovinos. VI Jornadas de Difusión de la Investigación y Extensión. Santa Fe, Argentina. Noviembre 2018.

[*] [*]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. Av. de las Ciencias s/n C. P. 76230. Delegación Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. ursodavila@uaq.mx, 01(55)4424651769

3.- Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals 1, 2. ISBN 978-0-7020-5318-4. Copyright © 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

4.- Latimer, K. S.; Mahaffey, E.A.; Prasse, K.W. 2005. Patología Clínica Veterinaria. 4° Edición. Editorial Multimédica. Ediciones Veterinarias. Pág. 418

5.- Odriozola, E. 2013. Enfermedades de los bovinos con signos nerviosos. 1° Edición. Editorial Copyright. Pág. 51 a 55.

6.- Radostits, M.; Gay, C.; Blood, D.; Hinchcliff, K. 2002. Tratado de las Enfermedades del Ganado Bovino, Ovino, Porcino, Caprino y Equino. 9° Edición. Editorial Mc Graw-Hil Interamericana Pág. 1841 y 1850

Pequeños rumiantes

COMPORTAMIENTO EN CORRAL Y CARACTERÍSTICAS DE CANAL EN OVINOS PELIBUEY Y DORPER X PELIBUEY EN UN CLIMA SUB-TROPICAL

Gastélum, D.M.A., *Aguilar, Q.J.A., Rodríguez, D.J.F., Avendaño, R.L., Macias, C.U., Angulo, V.N.I., López, A.V., Arellano, P.P.C., Ortiz, L.B. Cárdenas, C.M.A., Corrales, N.E.A.

.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el desempeño productivo en corral, características de canal en corderos de dos genotipos en una región subtropical seca. Se emplearon 40 corderos de pelo (20 Pelibuey puros y 20 Dorper x Pelibuey) ubicados en corraleta individual y finalizados con una dieta de engorda por 30 d para obtener en corral ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (EA); en canal se obtuvo peso al sacrificio (PS), peso vivo vacío (PVV), peso de canal caliente y fría (PCC y PCF), pH a 45 min y 24 h post-mortem, longitud de canal (LC), profundidad de tórax (PT) y longitud y perímetro de la pierna (LP y PP)a. Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar con peso inicial como co-variable. Los corderos cruzados tuvieron mayor ($P < 0.05$) GDP, GPT, CMS y EA que los puros. En características de canal, los cruzados lograron mayor ($P < 0.01$) PS, PVV, PCC y PCF. Los valores de pH a 45 min y 24 h fueron mayores ($P < 0.01$) en los cruzados. La LC fue mayor ($P < 0.05$) en ovinos cruzados, mientras que PT exhibió una tendencia ($P < 0.10$) a ser mayor en ovinos cruzados. Los componentes no cárnicos rumen, piel y testículos fueron mayores ($P < 0.05$) en animales cruzados, sin embargo, los puros generaron bazos de mayor peso ($P < 0.05$). En rendimiento de cortes primarios no se observó efecto de genotipo ($P > 0.05$). En conclusión, el cruzamiento Dorper x Pelibuey mejoró el desempeño en corral en la fase de finalización y algunas características de canal. Estos resultados sugieren un efecto de complementariedad en algunos rasgos productivos y de canal por el uso de la raza Dorper como raza paterna con Pelibuey como raza materna.

Palabras clave: Ovinos de pelo, cruzamiento, complementariedad, finalización en corral.

INTRODUCCIÓN

La práctica de la producción ovina es una actividad que actualmente ha tomado una gran relevancia a nivel mundial, impulsada por la fuerte demanda de esta carne por consumidores en todo el mundo. Países como Reino Unido y Francia son ejemplo de una alta afinidad por este tipo de proteína y quienes llegaron a realizar importaciones de hasta 200, 000 toneladas de carne ovina de diferentes países productores para llegar a satisfacer su demanda doméstica (Acero, 2005). Según proyecciones de FAO (2013), la carne ovina tenderá a incrementar sus costos de adquisición derivado del creciente consumo de la misma, así como el incremento en las importaciones de esta proteína por países en vías de desarrollo.

Durante los últimos años, la ovinocultura en México ha presentado un gran crecimiento promovido por un incremento en la aceptación de carne ovina dentro de la dieta de los mexicanos, donde sus más comunes formas de presentación son barbacoa, birria o a las brasas, llegando a tener un consumo *per cápita* de 0.700 kg. (Torrescano-Urrutia *et al.,* 2009; SAGARPA, 2017). Sin embargo, aun y cuando existe una gran demanda de este tipo de carne, los rebaños a lo largo del país no han sido capaces de satisfacerla. Esto ha conducido a los ovinocultores del país a la búsqueda de distintas alternativas para incrementar la productividad de sus rebaños. Una de estas alternativas es el uso de razas cárnicas de alto potencial genético, debido a que tienden a depositar menor cantidad de grasa y una mayor cantidad de proteína que otros genotipos (Huerta, 2001). Además, una característica de los ovinos de pelo es que se adaptan fácilmente a distintos tipos de climas, lo cual se presenta dentro del territorio nacional, ya que México

* *José Antonio Aguilar Quiñonez, palomo_98@hotmail.com. Calle: Vicente Guerrero, No. 14, Col. Independencia, CP 80430, Costa Rica, Sinaloa

cuenta con una gran variedad de climas que van desde templado a cálido y de húmedo hasta seco (García, 1981). Los ovinos de pelo tienen la capacidad de reproducirse prácticamente todo el año incluso en regiones con clima cálido extremo, dada su capacidad de modificar su metabolismo para facilitar su subsistencia por medio de la termorregulación (Gastelum-Delgado *et al*., 2015).

En México, unas de las principales razas de pelo que se explotan es Pelibuey, que procede de ancestros originarios del oeste de África, de donde los españoles las extrajeron principalmente como alimento para las tripulaciones de sus embarcaciones; posteriormente descubrieron que esta raza de ovinos poseía gran capacidad de adaptación a distintos climas, ya que pudo habitar zonas tropicales, subtropicales y áridas (González-Reyna *et al.,* 1991). Por lo tanto, han sido objeto de un gran número de estudios promovidos principalmente por su capacidad de adaptabilidad a la diversidad climatológica del territorio nacional a partir de los años 60´s (Aguilar-Martínez *et al.,* 2017). A pesar de que se han realizado una amplia variedad de estudios para la valoración y estimación de los parámetros productivos en las distintas razas existentes a nivel nacional, los estudios han demostrado variabilidad en los resultados atribuidos principalmente a la heterogeneidad existente en la población ovina (Aguilar-Martínez *et al.,* 2017).

En la búsqueda por encontrar una mayor productividad a partir de razas de pelo, se han implementado distintas estrategias como la engorda de ovinos en confinamiento, uso de promotores de crecimiento, así como el cruzamiento entre razas. Con relación a cruzamientos, Macías-Cruz *et al.* (2010a) y López-Carlos *et al.* (2021) encontraron que animales híbridos obtenidos a partir de la cruza de Pelibuey con razas puras cárnicas bajo condiciones áridas y semiáridas se han comportado favorablemente en comparación a la Pelibuey pura, considerando características de crecimiento en corral como ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Generalmente, al realizar cruzamientos para mejorar la productividad de ovinos de pelo en los sistemas de producción mexicanos, la raza Pelibuey es utilizada como raza materna y como raza paterna se usan razas de mayor habilidad cárnica como Dorper, Blackbelly y Katahdin, entre otras. Se conoce que la raza Pelibuey posee un índice de crecimiento menor a las razas cárnicas, pero poseen mayor habilidad materna y prolificidad, por lo que su cruza con razas cárnicas puede complementar rasgos de crianza, adaptación a climas cálidos y características productivas en corral y en canal (Leymaster, 2002; Bradford, 2002). En condiciones subtropicales, el desempeño en finalización y características de canal de la cruza de ovinos Pelibuey con razas cárnicas aún no ha sido evaluados formalmente.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el desempeño productivo en corral, características de canal, componentes no cárnicos y rendimiento de cortes primarios de corderos enteros del genotipo Pelibuey y la cruza Dorper x Pelibuey en una región de México con clima subtropical seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y clima de la zona del estudio

El estudio se realizó en la finca comercial El Cielo, localizada en la ampliación de la avenida Álvaro Obregón, en Culiacán, Sinaloa (24°42'31.8" N, 107°22'48.2" W). Las condiciones climáticas predominantes en esta región se clasifican como sub-tropical, clima húmedo y caliente con temperaturas máximas en verano de 45°C y mínimas durante invierno de 9 °C. La precipitación media anual es de 675.6 mm, siendo entre los meses de junio y agosto donde se concentra el período de lluvias. Para evitar la posible influencia del clima, el experimento a desarrollar se llevó a cabo en la época de invierno, cuando las condiciones climáticas son apropiadas para la engorda de corderos, es decir, condiciones de termo neutralidad. Con las variables climáticas humedad relativa (HR) y temperatura ambiente (TA) se estimó el índice temperatura-humedad ITH de acuerdo a la fórmula sugerida por Hahn (1999):

ITH =081 * TA + HR (TA – 14.4) + 46.4

Los datos climáticos se obtuvieron de la página sobre históricos del clima en Culiacán, Sinaloa (Meteored, 2019).

Origen de los animales

Esta explotación ovina se dedica a la compra y venta de animales para pie de cría. Todos los animales poseen su registro en la Unidad Nacional de Ovinocultores y se manejan dos razas principalmente, Pelibuey y Katahdin. Se adquirieron dos sementales Dorper con el objeto de probar su cruza con Pelibuey. Las hembras Pelibuey se sincronizaron para ser servidas con estos sementales Dorper por medio de monta natural. Se seleccionaron las crías más homogéneas para realizar la prueba de comportamiento.

Así se utilizaron 20 corderos de cruzas Dorper X Pelibuey (DXP) y 20 corderos Pelibuey de raza pura (PP); el peso inicial de los 40 corderos fue 32.28 ± 1.22 kg, los cuales se colocaron en corraletas individuales provistas de comedero, bebedero y sombra.

Manejo de los animales experimentales

Quince días previos al comienzo de la prueba de comportamiento, a los corderos les aplicaron vitaminas y se trataron contra endoparásitos y ectoparásitos. Además, durante estos días se ofreció la dieta basal como periodo de adaptación al nuevo ambiente individual, la cual se formuló en base a los requerimientos nutricionales establecidos en NRC (Cuadro 1). Los ingredientes de la ración ofrecida fueron: 9% de paja de maíz, 12 % de alfalfa, 21% grano de maíz quebrado, 30% de maíz entero, 13% pasta de soya, 12% de melaza y 3% de minerales. Al comienzo de la prueba de comportamiento los corderos fueron pesados de manera individual. Las dietas se ofrecieron dos veces por día (7:00 y 15:00 h), y el alimento rechazado fue retirado previo al ofrecimiento del día siguiente, mientras que el alimento retirado fue pesado para realizar ajustes al ofrecimiento diario. Al finalizar la prueba, día 30 aproximadamente, se procedió a sacrificar los 40 corderos en el rastro municipal de Costa Rica, Culiacán, Sinaloa.

Variables de desempeño en corral

La prueba de comportamiento en corral constó de 48 d, 15 d de adaptación y 30 d de prueba, ofreciéndose el alimento diariamente, retirando el alimento no consumido de un día anterior. Los pesos del alimento ofrecido y rechazado se registraron para calcular el consumo diario de alimento en base a materia seca (CMS) y ajustar dicho consumo a 5% de rechazo diario. Muestras de alimento ofrecido se almacenaron para su posterior determinación bromatológica. Se realizó un pesaje intermedio a los 15 d de prueba. Al término de la prueba de comportamiento se pesaron los corderos individualmente para registrar la ganancia de peso total (GPT). La ganancia diaria de peso (GDP) se estimó dividiendo la diferencia entre peso final e inicial entre los 30 d de prueba. La conversión alimenticia (CA) también se calculó dividiendo el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso. La eficiencia alimenticia (EA) se obtuvo dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo de alimento. Estas variables se estimaron en tres diferentes periodos: primeros 15 d, últimos 15 d y el periodo completo de 30 d usando una báscula (tipo Crane Series CR, Gram Precisión, S.L. Barcelona, España) con capacidad 300 kg y con variación de ± 0.1 kg, específica para ganado ovino.

Características de canal

Antes del sacrificio, 24 h, se retiró el agua y alimento a los corderos. El sacrificio se realizó por medio del método de degüelle sin previa insensibilización de los corderos. Después del sacrificio los animales se desangraron y evisceraron, retirando además patas y cabeza. Se registró el peso de canal caliente (PCC) Las canales se enfriaron durante 24 h a temperatura de 4°C para obtener las variables: peso de la canal fría (PCF), longitud de la canal (distancia desde la última vértebra sacra hasta la última vértebra cervical), conformación (en escala 1-8, donde 1=mala y 8= excelente) Cada canal fue dividida a la mitad cortando con sierra eléctrica las canales sobre la línea media dorsal. En la mitad del lado derecho se cortó nuevamente el entre la 12ava y 13ava costillas para medir el pH a 45 minutos y a 24 h en el músculo Longissimus dorsi.

Análisis estadístico

Las variables respuesta fueron analizadas con un diseño completamente al azar incluyendo como co-variable el peso inicial de los animales.

Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4 utilizando el PROC MIXED y las medias ajustadas se detectaron con la opción PDIFF (SAS, 2012). Las diferencias se declararon significativas a un nivel de probabilidad menor a 0.05 y entre 0.05 y 0.10 la diferencia se declaró tendencia.

RESULTADOS

Condiciones climáticas

Las variables climáticas durante el periodo de estudio incluyeron temperatura ambiente (TA), humedad relativa (HR) e índice temperatura-humedad (ITH), las cuales se comportaron de la siguiente forma: TA máxima, mínima y promedio 32, 11.5 y 21.9°C; la HR máxima, mínima y promedio 80 51 y 66.5%; finalmente el ITH máximo, mínimo y promedio fue 81.3, 52.8 y 69.1 unidades.

Comportamiento productivo

En el cuadro 2 se observan los promedios y errores estándar de las variables relacionadas con el desempeño productivo durante la fase de finalización de la engorda. Se observa que los animales cruzados obtuvieron mayores ($P < 0.01$) GPT y GDP en los tres periodos evaluados, obteniendo los animales cruzados 6.7 kg y 150 gr más GPT y GDP que animales puros en el periodo completo, respectivamente; sin embargo, el CMS fue mayor ($P < 0.05$) en corderos cruzados que en los puros por solamente 150 gr (9%). Finalmente, los animales cruzados mostraron ser 61% más eficientes ($P < 0.01$) que los animales puros en el periodo completo de la engorda (0.119 vs 0.192 unidades).

Características de canal

Como se puede observar en el Cuadro 3 correspondiente a las medias y porcentajes de las características de canal, los animales cruzados tuvieron mayor ($P < 0.01$) PS, PVV, PCC, PCF (en 20, 23, 27 y 26% respectivamente). El pH a los 45 min y 24 h también fue mayor ($P < 0.01$) en corderos cruzados que en puros. Sin embargo, a pesar de tener mayor peso en canales, no hubo diferencia ($P > 0.05$) en sus rendimientos. Las deposiciones de grasa KPH, omental y mesentérica no fueron afectadas ($P > 0.05$) por el genotipo. Para las medidas zoométricas, solamente longitud de canal fue mayor ($P < 0.05$) en 4% en animales cruzados que animales Pelibuey puros. Mientras que el tórax solo tendió ($P < 0.10$) a ser más profundo en animales Dorper x Pelibuey, ya que tuvieron en promedio 3% más profundidad del tórax que animales Pelibuey puros.

Cuadro 2. Comportamiento en corral de corderos Pelibuey puros y cruzados Dorper x Pelibuey finalizados en corral

Variables	Genotipo		EEM	Valor de P
	Puro	Cruzado		
Peso vivo (kg)				
d 1	30.59	33.97	0.61	0.0004
d 15	34.32	38.89	0.59	<0.0001
d 30	37.19	43.90	0.61	<0.0001
Ganancia de peso total (kg)				
d 1 a 15	3.145	5.265	0.373	0.0006
d 16 a 30	2.580	4.858	0.398	0.0005
d 1 a 30	5.683	10.125	0.461	<0.0001
Ganancia diaria de peso (kg)				
d 1 a 15	0.207	0.351	0.025	0.0005
d 16 a 30	0.170	0.324	0.027	0.0005
d 1 a 30	0.189	0.338	0.015	<0.0001
Consumo MS (kg)				
d 1 a 15	1.532	1.532	0.049	0.9976
d 16 a 30	1.662	1.962	0.051	0.0004
d 1 a 30	1.597	1.747	0.043	0.0256
Eficiencia alimenticia (kg)				
d 1 a 15	0.136	0.229	0.016	0.0004
d 16 a 30	0.103	0.162	0.011	0.0011
d 1 a 30	0.119	0.192	0.010	<0.0001

EEM= Error estándar de la media; Kg= Kilogramos.

Cuadro 3. Características de canal en ovinos Pelibuey puros y cruzados Dorper x Pelibuey finalizados en corral

	Genotipo			
	Puro	Cruzado	EEM	Valor de P
Peso sacrificio (kg)	36.136	43.590	0.777	<0.0001
Peso vivo vacío (kg)	31.177	38.568	0.781	<0.0001
Peso canal caliente (kg)	16.200	20.585	0.515	<0.0001
Peso canal fría (kg)	15.971	20.178	0.490	<0.0001
Conformación (pts.)	6.514	6.231	0.206	0.3405
Rend. canal caliente (%)	51.896	53.392	0.941	0.2719
Rend. canal fría (%)	51.154	52.348	0.891	0.3526
pH a 45 min	6.564	6.979	0.361	0.0002
pH a 24 h	5.285	5.918	0.110	0.0004
KPH	2.636	2.895	0.266	0.4981
Omental	2.398	2.256	0.191	0.6064
Mesentérica	1.791	1.788	0.142	0.9860
Longitud canal	58.750	61.154	0.793	0.0420
Profundidad tórax	69.000	71.846	1.085	0.0756
Longitud pierna	20.714	21.115	0.459	0.5420
Perímetro pierna	40.964	42.462	0.946	0.2740

EEM= Error estándar de la media; Pts= Puntos; KPH= Grasa en riñón, pelvis y corazón (Kidney-Pelvic-Heart fat); Rend. = Rendimiento.

DISCUSIÓN

La utilización de cruzamientos entre razas productoras de carne en ovinos de pelo ha generado beneficios importantes para los ovinocultores, ya que al llevarlas a cabo se adquieren combinaciones de genes que permiten a los híbridos expresar caracteres como una mayor adaptabilidad al ambiente en el cual se desempeñarán, cualidades de rápido crecimiento en corral y, en algunas ocasiones, mejoras en características de canal y calidad de la carne. En condiciones tropicales, Vilaboa-Arroniz *et al.* (2010) caracterizaron las razas de pelo Dorper, Katahdin y Pelibuey, encontrando una variación importante en el peso vivo adulto y en dimensiones corporales, siendo mayor para la raza Dorper, seguida de la Katahdin; por otro lado, la raza Pelibuey fue menor en estas variables a las dos razas de pelo anteriormente mencionadas. Estos resultados refuerzan la utilización de la raza Dorper como raza terminal para cruzamientos en ovinos de pelo donde el objetivo sea la producción de carne.

CONCLUSIONES

Durante la fase de desempeño en corral fue donde se observaron mayores ventajas de la cruza Dorper X Pelibuey, ya que durante los 3 periodos evaluados se obtuvo mayor ganancia de peso diaria y total, así como mejor eficiencia en el uso del alimento. En la evaluación de las características de canal se observó que nuevamente los corderos cruzados presentaron mayor peso al sacrificio y de canal, así como canales más largas y profundas. En componentes no cárnicos se observó efecto de heterosis en peso de rumen, piel, testículos, mientras que los Pelibuey puros tuvieron mayor peso del bazo. Al analizar el rendimiento de cortes primarios de ambos genotipos, no se observó diferencia.

Por lo anteriormente descrito, se concluye que, al realizar cruzamientos con sementales Dorper, se mejora el desempeño en corral en la fase de finalización, así como también algunas características de canal, lo cual sugiere un efecto de complementariedad en los rasgos productivos de la raza Pelibuey.

LITERATURA CITADA

Acero, C. M. 2005. El papel de México y América Latina en el comercio mundial de la carne ovina. Memoria electrónica de la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal, y XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, pp 4-10. Tampico, Tamaulipas, México.
Aguilar-Martínez, C.U., Berruecos-Villalobos, J.M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J.C., Valencia-Méndez, J., Roldán-Roldán, A. 2017. Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 20 (3): 429-439.
FAO (2013). Consumo de carne. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html. Visitado 26/09/2021.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México, D. F. Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad de México, México.

Gastélum-Delgado, M.A., Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M. 2015. Comportamiento de estro circanual en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del Noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 6 (1): 109-118.

González-Reyna, A., Valencia, J., Foote, W.C. y Murphy, B.D. 1991. Hair sheep in Mexico: reproduction in the Pelibuey sheep. Animal Breeding Abstracts, 59: 509-524.

Hahn, G.L. 1999. Dynamic Responses of cattle to termal heat loads. Journal Dairy Science, 82 (2): 10-20.

Huerta, B.M. 2001. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina, pp 1-16. Mérida, Yucatán, México.

Leymaster, K.A. 2002. Fundamental aspects of crossbreeding of sheep: use of breed diversity to improve efficiency of meat production. Sheep and Goat Research Journal, 17 (3): 50-59.

López-Carlos, M., Fernández-Mier, R., Aréchiga-Flores, C., Hernández-Briano, P., Medina-Flores, C. y Ramírez-Chéquer, J. 2021. Crecimiento de corderos de pelo en el altiplano semiárido de Zacatecas durante el invierno. Abanico Veterinario, 11: 1-14.

Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramírez, L. and Avendaño-Reyes, L. 2010a. Crecimiento y características de la canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. Archivos de Medicina Veterinaria, 42: 147-154.

SAGARPA, 2017. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461 Visitado el día 26/09/2021.

Torrescano-Urrutia, G.R., Sánchez-Escalante, A., Peñúñuri-Molina, F.J., Velázquez-Caudillo, J. y Sierra-Ramiro, T. 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey engordados en Hermosillo, Sonora. Biotecnia, 11(1): 41-50.

Vilaboa-Arroniz, J., Bozzi, R., Díaz-River, P. y Bazzi, L. 2010. Conformacion corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Katahdin en el estado de Veracruz, México. Zootecnia Tropical, 28 (3): 321-328.

VIABILIDAD DE *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINAS.

Santillán-Flores MA[*1], Córdova-López D[1], Leal-Hernández Marisela[1], Villagómez-Amezcua -Manjarrez E[1].

[1]CENID SAI-INIFAP

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la distribución y viabilidad de *Mycobacterium avium paratuberculosis* (Map) en diferentes áreas de los corrales de ovinos. Se llevaron a cabo cuatro muestreos, cada tres meses a lo largo de 12 meses, en tres UPP de ovinos con antecedentes de paratuberculosis (prevalencia >10%) y una UPP negativa a paratuberculosis. De los ovinos se tomó una muestra de sangre (ELISA Anti-Map) y heces (PCR-a IS900 y cultivo bacteriológico). De los corrales, se tomaron muestras de heces presentes en el del piso, soleaderos, caños y charcos., así como de los comederos y bebederos (interior y exterior). Todas las muestras, fueron analizadas por PCR-IS900 y cultivo bacteriológico. Con los resultados obtenidos se llevó a cabo un análisis de frecuencias con un programa estadístico.
En las UPP de ovinos 1, 2 y 3, se detectaron animales positivos a paratuberculosis con una prevalencia que va del 9.5% al 25% y que son excretores de Map (PCR-a IS900 13-25% y cultivo bacteriológico 2-13%). Las muestras tomadas alrededor de los comederos y bebederos fueron positivas a Map tanto a cultivo y PCR-a IS900 en los cuatro muestreos, pero se tuvo una mayor frecuencia (50%-100%) en los muestreos correspondientes a verano y otoño. Se detectó la viabilidad de Map a partir de las muestras tomadas del sedimento del interior de los bebederos en un 25-83%, en los muestreos llevados a cabo en verano y otoño. Del interior de los comederos solo los de la UPP 3, fueron positivos a Map (25%), en caños, charcos y soleaderos en el muestreo de verano (época de lluvias) fue donde se tuvo una mayor frecuencia a Map (25-83%). El Identificar las áreas y superficies dentro de los corrales de rebaños de ovinos infectados donde Map permanece viable, debe considerarse como un punto importante para poder establecer las medidas de manejo para controlar y eliminar gradualmente la presencia, persistencia y diseminación de Map en las unidades de producción.

INTRODUCCIÓN

La paratuberculosis (PTB), es una enfermedad infectocontagiosa, crónica que afecta al ganado bovino, ovino, caprino y a otros rumiantes silvestres. La enfermedad es de distribución mundial y es causada por *Mycobacterium avium subespecie paratuberculosis* (Map) (Abalos y col, 2001). Los animales clínicamente enfermos excretan en forma masiva e intermitente al bacilo en las heces, las cuales contaminan pastos, agua y alimento; o bien durante la lactancia, a causa de la contaminación de la ubre con heces y por la eliminación del microorganismo a través de la leche y calostro, por lo que la vía oral es la principal vía para que se dé la infección de los animales (Garrido y col; 2000, Gilardoni y col; 2012). La concentración de Map en heces de animales infectados puede exceder 10^8 bacilos/ gramo (Pinedo y col; 2008) y la dosis infectante necesaria para un rumiante es de 50 a 1000 unidades formadoras de colonias (UFC). Map no tiene la capacidad de replicarse fuera del hospedador, pero es capaz de sobrevivir a las condiciones medio ambientales por largos periodos de tiempo; ya que puede persistir en el excremento y aguas estancadas por un año; 11 meses en suelos fertilizados y 47 meses en materia orgánica desecada (Moravkova y col; 2012, Rhodes y col; 2013; Blaiotta y col; 2016). Esta propiedad se debe principalmente a la composición química de su pared celular que contiene una gran cantidad de lípidos, fosfolípidos, glucolípidos, que le dan las propiedades de ácido resistencia, hidrofobicidad, resistencia a procesos químicos físicos y ambientales (Eppleston y col; 2014). Se ha sugerido que la supervivencia de Map en el medio ambiente depende de muchos factores, incluidos el tipo de suelo, el pH y la humedad, el contenido fecal y las concentraciones de macro y micronutrientes (p. ej., calcio, hierro, molibdeno, cobre (Correa y col; 2020). Otras posibilidades incluyen agua estancada, sombra, temperatura y exposición a la luz solar. En las

[*] Marco Antonio Santillán Flores. CENID-SAI INIFAP, Carretera México-Toluca km 15.5, Colonia Palo Alto, Alcaldía Cuajimalpa. CP. 04010. Tel. 5538718700 ext. 80329 santillan.marco@inifap.gob.mx, mayco1768@yahoo.com.mx

unidades de producción pecuaria donde la limpieza de los corrales y la eliminación de heces no se realiza con regularidad, se considera como un factor de riesgo importante para la presencia de casos de paratuberculosis en los rebaños.
El objetivo del trabajo fue determinar la distribución y viabilidad de *Mycobacterium avium paratuberculosis* en diferentes áreas de los corrales que son considerados como focos de infección para el rebaño ovino.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en tres UPP de ovinos ubicadas en el estado de Puebla, donde se tienen datos de la presencia de Map (prevalencia >10%) y una UPP en el Estado de México negativa a paratuberculosis; las cuales fueron muestreadas en cuatro ocasiones, cada tres meses a lo largo de 12 meses para cubrir las probables variaciones estacionales (primavera, verano, otoño e invierno).

-Muestreo de ovinos

Para verificar el estatus de granja infectada a paratuberculosis, se realizó un muestreo serológico y de heces de los animales que integran el rebaño. El tamaño de muestra en cada sección fue establecido generando una tabla de tamaño muestral de acuerdo a la fórmula de Cannon & Roe; 1982, la cual proporciona la probabilidad de detectar al menos un animal enfermo bajo la prevalencia esperada, la selección de los ovinos que se incluyeron en el estudio fue al azar. Por cada ovino seleccionado se tomó una muestra de sangre completa de la vena yugular en tubo estéril para la obtención de suero y heces tomadas directamente del recto con una bolsa de polietileno, las muestras fueron evaluadas por las técnicas diagnósticas de ELISA Anti-Map (suero), PCR-IS900 y cultivo bacteriológico (heces). Se aplicó un cuestionario por UPP y uno por ovino; en el que se incluyeron las siguientes variables: edad, peso, sexo, raza, estado fisiológico, lugar de ubicación al momento del muestreo y los resultados de las pruebas de laboratorio fueron registradas para su inclusión en la base de datos para su análisis**.**

-Muestreo de las instalaciones.

De los corrales, se tomaron muestras de heces del piso, al centro y en cada una de las esquinas (zonas de sombra y soleaderos), montículos de heces y charcos. De los comederos y bebederos se tomaron muestras del interior y exterior. Todas las muestras, fueron analizadas mediante técnicas de PCR-IS900 y cultivo bacteriológico. Al momento de la visita a las instalaciones, se tomaron datos de cada uno de los bebederos, comederos, registrando el material del cual están fabricados (cemento, madera, metal, etc.).

Pruebas de diagnóstico.

Las muestras de suero de los ovinos, se evaluaron por medio de un ELISA para determinar la presencia de anticuerpos anti-Map. El punto de corte fue de 0.20 desviaciones ópticas (OD) Martínez y col; 2012.

Obtención de ADN a partir de muestras.

La extracción de ADN a partir de las muestras de heces (individual y muestras de los corrales), se realizó de acuerdo a los descrito por Jaimes y col; 2008, Garrido y col; 2000. Las muestras de ADN se almacenaron a -20°C hasta su uso en la PCR-a IS900.

PCR anidada IS900 (PCR-a IS900).

La PCR anidada se llevó a cabo de acuerdo la técnica descrita por Jaimes y col; 2008. Empleando los iniciadores que amplifican una región del gen que codifica para la secuencia de Inserción 900 (IS900) que es especifica de Map. El producto de amplificación esperado fue de 210 pb.

Cultivo bacteriológico

Se realizaron siembras por duplicado a partir de heces individuales y de todas las muestras de las instalaciones de acuerdo a la técnica de Payeur y col; 1993. Las muestras se sembraron en medio sólido de Herrold egg yolk con micobactina J (2 mg/L); manteniéndolas en incubación a 37 °C, durante 8 meses, a los cultivos con crecimiento bacteriano, se les realizo frotis y tinción de Ziehl Neelsen para bacilos ácido alcohol resistente (BAAR) y extracción ADN para PCR-IS900.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de frecuencias con un programa estadístico.

RESULTADOS

Se trabajó en cuatro UPP de ovinos, las características de cada UPP se describen en el siguiente cuadro:

Paratuberculosis en los ovinos:
En los cuatro muestreos, en las UPP de ovinos 1, 2 y 3, se detectaron animales positivos serológicamente a paratuberculosis con una prevalencia que va del 9.5% al 25% y que son excretores de Map (PCR-a IS900 13-25% y cultivo bacteriológico 2-13%). La UPP 4, fue negativa a las tres pruebas en todos los muestreos.
Durante el muestreo que correspondió a la etapa de verano (lluvias), fue donde se detectó la mayor frecuencia a la enfermedad 15-25%.

Detección de Map en las instalaciones:
Se realizó cultivo bacteriológico y PCR-a IS900, con las muestras de heces tomadas de distintos sitios dentro de los corrales y del sedimento acumulado dentro de los bebederos. Las muestras tomadas alrededor de los comederos y bebederos de las UPP 1,2 y 3 en los cuatro muestreos fueron positivas tanto a cultivo y PCR-a IS900, pero se tuvo una mayor frecuencia (50%-100%) en los muestreos correspondientes a verano y otoño. Se detectó la viabilidad de Map a partir de las muestras tomadas del sedimento del interior de los bebederos en un 25-83%, en los muestreos llevados a cabo en verano y otoño. Del interior de los comederos solo en la UPP 3, el 25% fueron positivos a Map. Las muestras tomadas de los corrales de la UPP 4, fueron negativas en todos los muestreos.
Durante la temporada de verano (época de lluvias) a otoño se pudo detectar al bacilo tanto en los soleaderos (25-83%) y zonas de charcos (16-66%) y caños de desagüe (16-100%).
En todos los muestreos los corrales de las hembras reproductoras y primalas de las UPP 1,2 y3 fueron positivos. Solo en la UPP 2 a partir del segundo muestreo el corral de los machos dio como positivo a PCR-a IS900.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se identificaron las zonas donde con mayor frecuencia Map permanece viable dentro de las instalaciones de ovinos, siendo las zonas de alrededor de comederos y bebederos. Así como también se demostró la presencia de Map en los sedimentos que se forman en el interior de los bebederos.
Se considera que la principal forma en que los animales se infectan con el bacilo de Map, es por el contacto directo con animales excretores, o por el consumo de agua y alimento contaminado con heces, pero otra forma de infectarse puede ser por la exposición a un ambiente contaminado. En un estudio geográfico sobre la distribución de Map llevado a cabo en el Reino Unido, Map se encontró en 10.5% de núcleos de suelo de uso agrícola (Rhodes et al. 2013).

	Número de animales	Dimensiones de los corrales	Número de Corrales muestreados	Divisiones entre corrales	Material de los Pisos	Material de los bebederos	Material de los comederos
UPP1	800	25 x 35 m	6	Madera	Cemento /tierra	Plástico	Cemento
UPP2	150	5 x 5 m	6	Madera	Cemento	Plástico	Cemento/metal
UPP3	100	8 x 12 m	4	Metal	Cemento	Metal	Metal
UPP4	30	5 x 4 m	3	Cemento	Cemento	Plástico	Metal

Durante el muestro realizada, durante la temporada de lluvias (verano) se detectó la presencia de Map tanto en charcos, caños y las áreas de soleaderos, con lo que se demuestra que Map tiene la capacidad de sobrevivir bajo las condiciones de humedad y temperaturas adecuadas (28°C, 75-80 %HR), este punto es importante a resaltar ya que Map también puede contaminar lagos y ríos, a través de los escurrimientos de aguas provenientes de zonas de pastoreo de ganado o por acúmulos de heces de unidades de producción pecuaria (bovinos, ovinos y caprinos) con antecedentes de paratuberculosis. Un estudio

realizado en el Reino Unido mostró que aproximadamente el 70% de las muestras de agua tomadas de un río, cercanas a unidades de producción de bovinos y ovinos fueron Map-positivo por PCR IS900. En Estados Unidos, se detectó ADN de Map en 18% del agua potable (56 de 304 muestras) Mazzone y Col; 2017.

El Identificar las áreas y superficies dentro de los corrales de rebaños de ovinos infectados con paratuberculosis, donde existe una alta acumulación y contaminación con heces, será muy probable que se encuentre una mayor concentración de bacilos de Map; esto debe considerarse como un punto importante para poder establecer las medidas de manejo para controlar y eliminar gradualmente la presencia, persistencia y diseminación de Map en las unidades de producción.

Trabajo financiado por: Recursos fiscales INIFAP: SIGI-16593034896-P

Literatura citada.

Abalos P. Actualidad en Paratuberculosis (2001). Tecnovet. 7 (3). http://www.tecnovet.uchile.cl consultado el 23/05/2017.

Blaiotta G, Di Cerbo A, Murru N, Coppola R, Aponte M (2016). Persistence of bacterial indicators and zoonotic pathogens in contaminated cattle wastes. BMC Microbiol. 2016;20; 16:87.

Cannon R. M. & Roe R. T (1982). Livestock disease surveys: a field manual for veterinarians. Australian Government Publishing Service.

Correa NM, Badel MJ. Fernández J (2020). Spatial and environmental analysis of *Mycobacterium avium* subsp.*paratuberculosis* infected dairies in Antioquia (Colombia). Rev. Vet. 32(1): 10-18.

Elliott GN, Hough RL, Avery LM, Maltin CA, Campbell CD (2015). Environmental risk factors in the incidence of Johne's disease. Crit Rev Microbiol. 2015; 41(4):488-507

Eppleston J, Begg DJ, Dhand NK, Watt B, Whittington RJ (2014). Environmental survival of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in different climatic zones of eastern Australia. Appl Environ Microbiol. 80(8):2337-42.

Garrido J, Cortabarria N, Oguiza J, Juste R (2000). Use of a PCR method on fecal samples for diagnosis of sheep paratuberculosis. Veterinary Microbiology. 2000; 77(3-4): 379-386.

Gilardoni LR, Paolicchi FA,Mundo SI (2012). Bovine paratuberculosis: a review of the advantages and disadvantages of different diagnostic tests. Rev. Arg. de Microbiol. 44:201-215.

Jaimes NG, Santillán FMA, Hernández COA, Córdova LD, Guzmán RCC, Arellano RB, Díaz AE, Tenorio GVR, Cuellar OA (2008). Detección de *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, por medio de PCR-anidada a partir de muestras de heces de ovino. Revista Veterinaria México. 39 (4): 377-386.

Martínez CAG, Santillán FMA, Guzmán RCC, Favila HLC, Córdova LD, Díaz AE, Hernández AL, Blanco OM (2012). Desarrollo de un Inmuno Ensayo-Enzimático (ELISA), para el diagnóstico de paratuberculosis en bovinos. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 3 (1): 1-18.

Mazzone P, Corneli S, Di Paolo A, Maresca C, Felici A, Biagetti M, Ciullo M,Sebastiani C, Pezzotti G, Leo S, Ricchi M, Arrigon N (2018). Survival of Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis in the intermediate and final digestion products of biogás plants. J. Appleid Microbiology. 125 (1) :37-44.

Moravkova M, V. Babak V, Kralova A, Pavlik I, Slana I (2012). Culture- and Quantitative IS900 Real-Time PCR-Based Analysis of the Persistence of Mycobacterium avium subspecie paratuberculosis in a Controlled Dairy Cow Farm Environment. Applied and Environmental Microbiology. 78 (18): 6608–6614.

Payeur JB, Jarnagin JL, Marquardt JG, Schaper LA, Martin BM (1993). Laboratory Methods in Veterinary Micobacteriology for the Isolation and Identification of Mycobacteria. Iowa, USA: United States Department of Agriculture Animal and plant health inspection service. National Veterinary Service Laboratories. 3940.

Pinedo PJ, Rae DO, Willians JE, Donovan JE, Melendez P, Buergelt CO (2008). Association among results of serum ELISA, feacal culture and nested PCR on milk, blood and faeces for detection of paratuberculosis in dairy cows. Transboundary and Emerging Diseases. 55:125-133.

Rhodes G, Henrys P, Thomson BC, Pickup RW (2013). Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis is widely distributed in British soils and waters: implications for animal and human health. Environ Microbiol. 15 (10):2761-74

"LA GANADERÍA CAPRINA DE LA LOCALIDAD DE BARAJILLAS, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GUERRERO-MÉXICO"

Zavala N.C., Hernandez R. L.G., De La Cruz G.F.N., Cortes N.G. & González E.O.

RESUMEN

Con el objetivo de comprender la relación entre la población de la costa chica y la producción de cabras se caracterizó el sistema de producción de caprinos en la localidad de Barajilla municipio de Cuajinicuilapa del estado de Guerrero, México. Para obtener la información necesaria, se identificó a cada productor de caprinos en el área de estudio, se visitó a cada productor y se le realizó una encuesta. El trabajo se llevó a cabo en cuatro etapas: características del área de producción, manejo, valoración del área de producción y análisis de datos. Se identificaron en total 16 productores que fueron entrevistados para registrar la siguiente información: a) características de la casa–habitación y de la familia, actividades productivas desarrolladas en la unidad de producción familiar y fuentes de ingreso; b) características del hato, estructura del rebaño e infraestructura productiva; c) alimentación de las cabras, situación de las áreas de pastoreo, manejo sanitario, y d) financiamiento de la producción, problemas en los rebaños y la valoración de la producción.

Palabras clave: Caracterización, prácticas de manejo, valoración del hato.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países donde las características agrícolas y ecológicas ofrecen condiciones apropiadas para la explotación de los caprinos; constituida en su mayoría por animales Criollos, escasamente productivos, que se encuentran en las zonas áridas y semiáridas. (Lacerca, 1978).

El inventario nacional de caprinos en México asciende a cerca de 8,7 millones de cabezas, que producen 167.000 toneladas de leche (1,1% producción mundial) y 48.000 toneladas de carne (0.89% producción mundial). Este sector se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, extendiéndose de sur a norte. Siendo los principales estados según sus censos: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán. (Ruiz, 2017)

La Costa Chica está constituida por 15 de los 81 municipios del estado, en los cuales reside 13% del total de la población, su extensión territorial es de 8,089.7 km2; según el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (2007), en la región se ubican 57122 unidades de producción de las cuales un 89% tienen como actividad principal la agricultura, el 8% la ganadería y el 3% el corte de árboles y/o recolección de productos silvestres. En el año 2017 la región aportó el 31% al valor de la producción agrícola estatal y el 20% al valor de la producción pecuaria. (SADER, 2017).

De acuerdo a los datos del SIAP (2021), el municipio de Cuajinicuilapa en el año 2021 obtuvo una producción (toneladas) de ganado en pie de caprino de 679.215, con un precio de 31.01 pesos por kilogramo. En el año del 2019, el municipio de Cuajinicuilapa contaba con 17,175 cabezas de ganado caprino (SEMARNAT, 2020).

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. UNIDADES DE PRODUCCIÓN CAPRINA: Tienen características específicas y todo depende de las condiciones socioeconómicas de la región y los recursos que cuenta el productor. En una unidad de producción son importantes la tecnología, especies de plantas y animales, insumos y la superficie de labor, así como las características edáficas y climáticas. Entre las variables socioeconómicas se encuentran el capital, la mano de obra, la demanda de productos por la población y las preferencias personales del productor. Dentro de las unidades de producción se manejan regularmente diversos subsistemas de cultivos anuales, subsistemas de cultivos perennes, subsistemas pecuarios, forestales y el subsistema socioeconómico representado por el

productor y su familia (FAO y Banco Mundial, 2001).

1.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAPRINOS: La producción de caprinos de los productores con escasos recursos, es dependiente del pastoreo en tierras comunales, tienen poca productividad y contribuyen al sustento de los agricultores (Escareño *et al*., 2011). El sistema extensivo es el que más se practica, especialmente en zonas áridas y semiáridas (Hernández, 2000). La producción caprina tradicionalmente se ha asociado a zonas degradadas, poco desarrolladas y despobladas, áreas con vegetación desértica, monte espinoso tropical, bosque muy seco tropical y bosque espinoso premontano (Piña y Piña, 2012).

PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA PRODUCCIÓN CAPRINA

1.2.1. PASTOREO: La alimentación se basa principalmente en el pastoreo natural y en el uso de subproductos de la agricultura y un uso reducido de energía fósil. El pastoreo es diurno con encierro nocturno y pueden tener rutas fijas (sedentario) o migratorias (nómadas). La alimentación de las cabras se basa principalmente en el ramoneo y pastoreo en agostaderos. No es común la suplementación ni en épocas deficitarias ni para necesidades fisiológicas especiales (Escareño *et al*., 2011). La caprinocultura en sistemas extensivos, no dispone de otras fuentes de alimentación durante el año, es por ello que requieren de grandes extensiones de terreno (Rebollar *et al*., 2012). En la mayoría de los casos, el pastoreo se realiza en tierras comunales (95 % de casos) y la familia es la encargada de realizar esta tarea, actividad desarrollada principalmente por el jefe de la familia (Escareño *et al*., 2011).

1.2.2. SANIDAD: Por el carácter extensivo de las explotaciones no se practican planes preventivos contra enfermedades y controles de endoparásitos y ectoparásitos. No existen cuidados especiales sobre los recién nacidos, gestantes o cualquier otra categoría animal (Roncallo *et al*., 1999). Sin embargo, Hernández (2000) menciona que el manejo sanitario en los sistemas de producción extensivos es deficiente y tiende a ser curativo más que preventivo, dirigiéndose a los problemas clínicos más comunes, como los de tipo respiratorio, parasitario y digestivo.

1.3. GANADERÍA CAPRINA EN GUERRERO: De acuerdo a la Fundación Produce Guerrero (2012), la ganaderías caprina en guerrero se caracteriza por desarrollarse en unidades de producción ineficientes desde el punto de vista económico, con poca tecnificación e el aprovechamiento del agua, escasas instalaciones y ausencia de manejo del ganado; caprinocultores aislados y desorganizados; deterioro de los agostaderos naturales por la sobreexplotación; dependencia externa de insumos y altos costos de alimentación.

MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE PRODUCCIÓN: Existen conocimientos para desarrollar tecnología que permita mejorar la situación actual de los sistemas tradicionales. Según la FAO y Banco Mundial (2001), la crianza de caprinos, sujeta a sistemas de producción extensivos, ha ocasionado con frecuencia un pastoreo descontrolado y destrucción con el consiguiente deterioro del medio ambiente. Aunque se reconoce que el hombre es el verdadero responsable que permite tal esquema de manejo, “la cabra” es la que recibe toda la censura. Esta es una de las razones de por qué los programas de desarrollo caprino encuentran tanta resistencia por parte de quienes tienen la responsabilidad de tomar decisiones u ocupan cargos de influencia.MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprendió la localidad de Barajillas, municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero-México (Figura 1). Se ubica a 7.1 km al noroeste de Cuajinicuilapa, en las coordenadas GPS: Latitud: 16° 30' 32"N, Longitud: 98° 27' 51"O, a una altitud de 36 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2020).

6.2. ETAPAS DEL TRABAJO

Para obtener la información que se requería, se identificó a cada productor de caprinos en el área

de estudio, se visitó a cada productor y se le realizó una encuesta. El trabajo se llevó a cabo en cuatro etapas: 1) Características del área de producción. 2) Manejo. 3) Valoración del área de producción. 4) Análisis de datos.

SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Debido a que no se contaba con un registro de productores de la localidad en alguno de los censos realizados por INEGI o algún otro registro resiente, se empleó un muestreo no probabilístico denominado Bola de Nieve (Snowball sampling en inglés) (Hernández ***et al.,*** 2010). Para este muestreo se realizó lo siguiente:

1. **Proceso de referencias:** A una persona clave se le pidió nominar y contactar individuos de la población objetivo (productores). De esta manera se obtuvieron varios puntos de partida o contactos iniciales.
2. **Mapa:** Cada punto de referencia, se fueron registrando para después poder registras las unidades muestreadas en el mapa del área de estudio.
3. **Entrevista:** Cuando la primera persona se contactó, se le entrevistó y a su vez se le pidió que nominara a otras personas dentro de la población objetivo.
4. **Repitiendo el procedimiento:** Cada persona nomina representó una etapa, se forma entonces una línea de participantes a entrevistar, a esta cadena se le denomina la “Bola de nieve”. En este estudio se entrevistó a un total de 16 productores.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

Para esta sección se emplearon preguntas como: características de la casa, disponibilidad de agua para uso doméstico y agropecuario, integrantes de la familia, actividades productivas que se desarrollan en las unidades de producción y fuentes de ingreso; edad del productor, participación de la familia en el ganado caprino, situación organizativa de los productores, estructura del rebaño caprino y disponibilidad de infraestructura productiva.

MANEJO EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

Para saber un poco acerca de las prácticas de manejo que los productores desarrollan en su unidad de producción, se preguntó el tipo de alimentación que reciben los animales, situación de las áreas de pastoreo, forma en las que se complementa la alimentación de los caprinos, manejo sanitario (limpieza y desinfección de galeras, calendario de vacunación y desparasitación), financiamiento de la producción, problemas que se presentan en las unidades de producción y beneficios que genera la actividad caprina.

EVALUACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

La valoración de la producción se registró mediante la evaluación de criterios de calidad del hato en una escala de cinco niveles de percepción (1=mala, 2=regular, 3=buena, 4=muy buena, 5=excelente), los cuales fueron evaluados por los 16 productores.

Además en este apartado se evaluó el nivel de satisfacción de los productores respecto a la producción de ganado caprino, el cual se realizó en una escala de cinco niveles de percepción al igual que mediante la evaluación de criterios de calidad del hato (1=mala, 2=regular, 3=buena, 4=muy buena, 5=excelente), los cuales fueron evaluados por los 16 productores.

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos de las características de las unidades de producción e identificación de las prácticas de manejo se realizó mediante estadística descriptiva utilizando el programa estadístico Info Stat. El análisis de la información de calidad del hato y evaluación del grado de satisfacción de los productores se realizó con el programa de Microsoft Excel 2013 de Office, ordenando la información mediante el uso de gráficas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DE LOS CAPRINOCULTORES

CASA–HABITACIÓN

Las viviendas se caracterizan por: 69 % cuentan con paredes de block, el 19% cuenta con paredes de adobe y el 12 % presentan paredes de madera. 32 % de las viviendas presentan techos de lámina de asbesto, seguido del 31% de techos de teja, el 25% son de techos de loza y por último el 12% cuenta con techos de lámina galvanizada. 81 % de los hogares presentan pisos de cemento y el 19 % presentan pisos de tierra. Respecto al drenaje, el 100 % de los hogares dispone de un baño con fosa séptica.

DISPONIBILIDAD DE AGUA

La disponibilidad de agua en el hogar se refiere al agua necesaria para el uso doméstico que no es provista por acarreo, sino que llega a la vivienda mediante la red de agua entubada o a través de un pozo de agua propio de la familia (Figura 1).

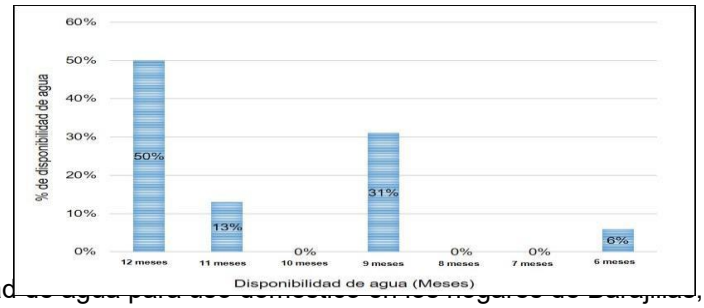


Figura 1. Disponibilidad de agua para uso doméstico en los hogares de Barajillas, Guerrero.

INTEGRANTES DE LA FAMILIA
El 6.5% de los hogares tiene integrantes niños menores de tres años y 4% cuenta con niñas menores de 3 años. El 13% de los hogares cuenta con integrantes hombre de 13 a 16 años, y el 23.5% de los hogares cuenta con integrantes hombre y mujeres con una edad mayor a los 30 años. Con respecto al promedio de integrantes que conforma cada hogar, este oscila entre los 5 y 6 integrantes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROPIETARIOS
La edad promedio de los productores fue de 58 años con un rango de 39 a 82 años,encontrándose un mayor porcentaje de productores con edades entre los 50 y 70 años (Figura 2), esto quiere decir que la cría de caprinos la practican personas con edad avanzada, con poca participación por parte de jóvenes.

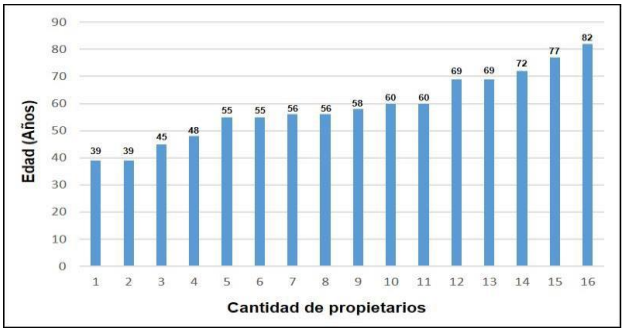


Figura 2. Edad de los caprinocultores de Barajillas, Guerrero.

Con respecto a la experiencia de cada caprinocultor, el promedio en la crianza de caprinos fue de 7 a 16 años, y también hubo productores con apenas uno o dos años en la actividad, mientras que otros han dedicado hasta 30 años de su vida a la cría de caprinos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE CAPRINOS
ESTRUCTURA DEL REBAÑO
Con respecto al número de cabezas de ganado caprino, una unidad de producción cuenta en promedio con 18.7 animales, de los cuales, 12.2 son hembras y 2.3 son machos en edad reproductiva, y 5 crías.
INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA
Lo característico de la producción caprina dentro del área de estudio es la escasa infraestructura productiva disponible. Unidad de producción con espacio insuficiente (UPI). Unidad de producción con espacio suficiente (UPS). Unidad de producción de traspatio (UPT) (Figura 3)

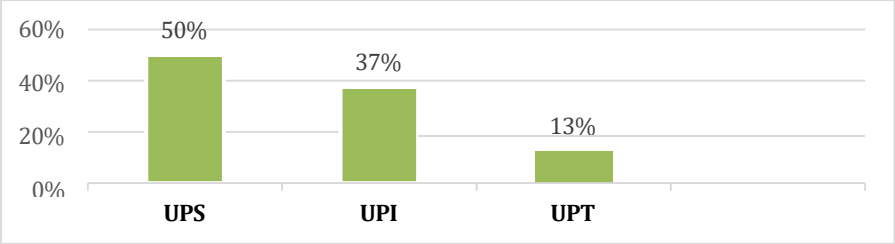


Figura 3. Porcentaje de las unidades con espacios en las galeras.

EQUIPAMIENTO DE LAS GALERAS
En la siguiente gráfica de pastel (Figura 4), se muestra el porcentaje de cada equipamiento con lo que cuentan las unidades de producción, así como también, de las condiciones encontradas en las explotaciones caprinas de la localidad de Barajillas, Guerrero.

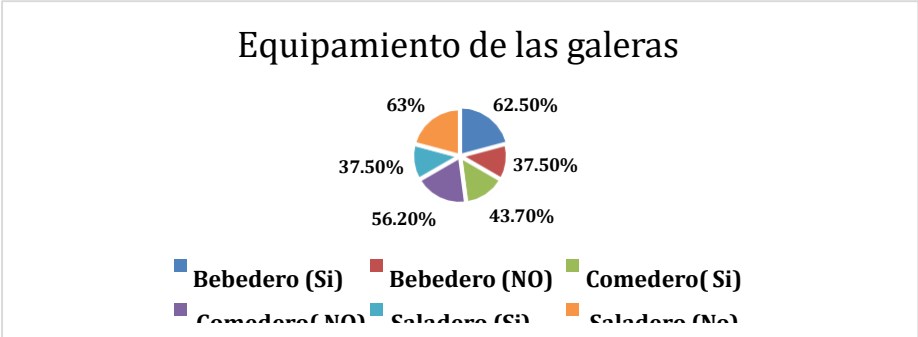


Figura 4. Porcentaje de las unidades con espacios en las galeras.

PRÁCTICAS DE MANEJO DEL HATO
ALIMENTACIÓN

Con base a los resultados de las encuestas, se encontró que la alimentación del ganado en las unidades de producción depende el 100% de pastoreo. Esto consiste en que la alimentación que se les da a los animales es en terrenos donde crecen plantas nativas adaptadas y es ahí donde pastorean los animales la gran parte del año. Las áreas de pastoreo, los animales buscan y seleccionan su alimento, acompañados por el pastor, todos los animales cumplen una buena función buscando su alimento. El promedio de horas en la cual los animales salen a pastoreo es de 6 horas al día con un mínimo de 3 y un máximo de 8 horas. El tiempo de pastoreo coincide con el reportado por Martínez et al. (2013), que registra que, en la zona conocida como filo mayor del estado de Guerrero, los pastores, pastorean sus animales por periodos de hasta seis horas diarias, lo cual es suficiente para los animales puedan recolectar su alimento

LA COMPLEMENTACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN
La alimentación de los animales se basa en un 100% de la recolección de forraje en el campo, sin embargo, los productores suelen proporcionar nutrientes adicionales ofreciendo maíz quebrado y sal común (figura 5).

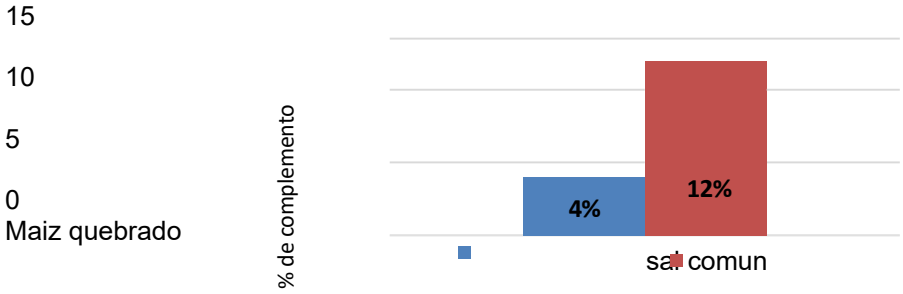


Figura 5. Tipo de complementos alimenticios utilizados por los productores de ganado caprino en Barajillas.
Los complementos que tienen hacia su producción dependen directamente de los recursos económicos disponibles, solo un 4% de los productores ofrecen grano de maíz a sus animales cuando regresan del pastoreo. El 75% de los capricultores ofrecen sal común a sus animales, en promedio anual es de 10 kg por hato. La sal se proporciona a los animales de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos, el 70% de los productores proporcionan este suplemento durante los 12 meses del año y el 5% lo proporcionan al menos 6 meses del año.
VITAMINAS
En la aplicación de vitaminas, 40% de los productores aplica alguna vitamina y el 60% restante no utiliza este insumo, considerándolo innecesario para sus animales. Las vitaminas se administran por vía intramuscular, con una frecuencia promedio de dos veces por año. Dentro de las vitaminas que se usan con mayor frecuencia se encuentran vitaminas del complejo B. Los productores que aplican vitaminas gastan anualmente en promedio
$452 pesos por la compra de estos productos.

SANIDAD
La galera es el lugar donde se resguardan a los caprinos después del pastoreo, esto lleva a la acumulación de estiércol al interior y esto es un buen ambiente para la reproducción de enfermedades y parásitos. En la zona donde se realizó el estudio el 40% realiza limpieza cada 8 días, 15% diario y 15 días, 10% cada 5 y 7 días y el 5% de 10 días a 2 meses. Pero solo el 10% de ellos realizan desinfección de galera. En el tema de desparasitación, el 50% de los capricultores cuenta con un calendario definido de desparasitaciones y el otro 50% de los productores no desparasitan, no lo consideran necesario para sus animales
Las muertes de caprinos es un promedio de 19 animales al año por diferentes causas, pero en la zona de estudio las muertes registradas fueron ocasionadas por pododermatitis, timpanismo y ataques por jaurías de perros.

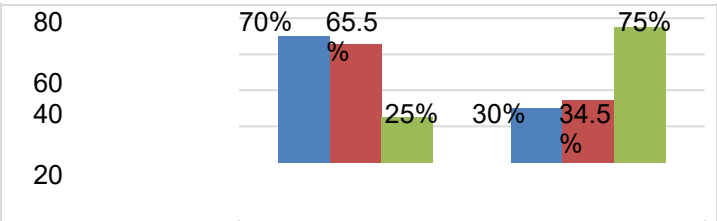
PROBLEMMÁTICA EN LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN CAPRINA

Los problemas que se presentan en las unidades de producción caprina varían en cada unidad de producción. Las más comunes las siguientes (Figura 6):

Escasez de forraje en la época seca: este problema se presenta en el 70 % de las Unidades de producción y es el problema que con mayor frecuencia se menciona Por los caprinocultores de la comunidad de Barajillas.

Bajos precios de venta: aunque los productores no tienen problemas para vender Sus caprinos (por la alta demanda regional y local), se menciona que los precios Son muy bajos, lo cual siempre se traduce en una producción mal pagada. Esta problemática se presenta en el 65.5% de las unidades de producción.

Falta de mercado: en este aspecto, el 25% de los productores mencionaron que La falta de mercado impide comercializar sus animales a un precio justo, de esta Manera, la venta es de pocos animales y cada productor vende por su cuenta.



	Sí	No
Forraje en epoca seca	70	30
Bajos precios de venta	65.5	34.5
Falta de mercado	25	75

Figura 6. Problemas que se presentan en las unidades de producción caprinas en Barajillas, Guerrero.

ANÁLISIS ECONÓMICO

FINANCIAMIENTO A LA PRODUCCIÓN

62.5 % de las unidades de producción son financiadas con reinversiones de Recursos que provienen de la venta de chivos.

75% de las unidades también utilizan como principal fuente de financiamiento Los ingresos propios procedentes de otras actividades productivas que se Desarrollan dentro de la unidad familiar, por ejemplo, recursos provenientes de la siembra de maíz.

25%de las unidades de producción, adicionalmente utilizan como fuente de Financiamiento los recursos procedentes de programas públicos.

ENFERMEDADES MÁS COMUNES

Dentro de los problemas más relevantes también se encuentra la presencia de enfermedades, situación que se presenta en el 93.75% de las unidades de producción, con presencia de enfermedades respiratorias, parásitos externos y gabarro, y el 6.25% no presentan enfermedades la mayor parte del año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Enfermedades más frecuentes en las unidades de producción

Podo dermatitis	37.5%
Timpanismo	18.75%
conjuntivitis	6.25%
Diarrea	6.25%
Moquillo	25%
Ninguna enfermedad	6.25%

BENEFICIOS QUE GENERA LA ACTIVIDAD CAPRINA

La producción de caprinos es considerada por los productores como una estrategia de ahorro, de esta manera, ante cualquier emergencia que demande recursos económicos, es posible vender animales para satisfacer las necesidades. De lo anterior, se determina que no existen fechas definidas para la venta de caprinos, es decir, se venden conforme se presenten las necesidades económicas de la familia.

VALORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GANADO CAPRINO
En la figura 7 se presenta los criterios de evaluación de calidad del hato.

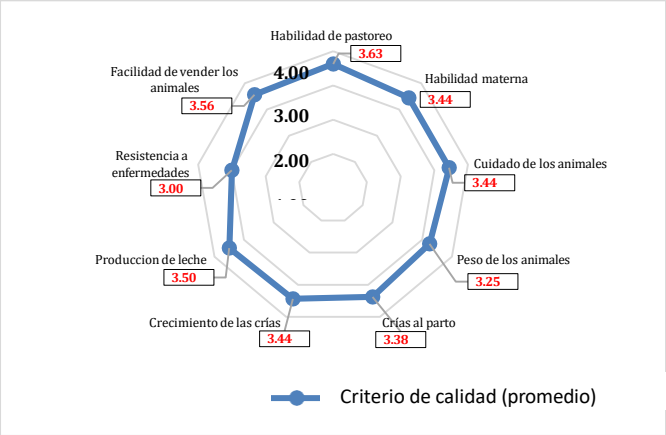


Figura 7. Criterios de calidad en las producciones de caprinos.

SATISFACCIÓN DEL PRODUCTOR

En la figura 10, se muestra el grado de satisfacción que presentan los productores de ganado caprino en Barajillas, Guerrero, destacando lo siguiente: Dentro de los tres criterios de satisfacción más críticos se encuentran la asesoría técnica, el intercambio de conocimientos con vecinos y el bajo nivel tecnológico con se dispone en las explotaciones (Figura 8).

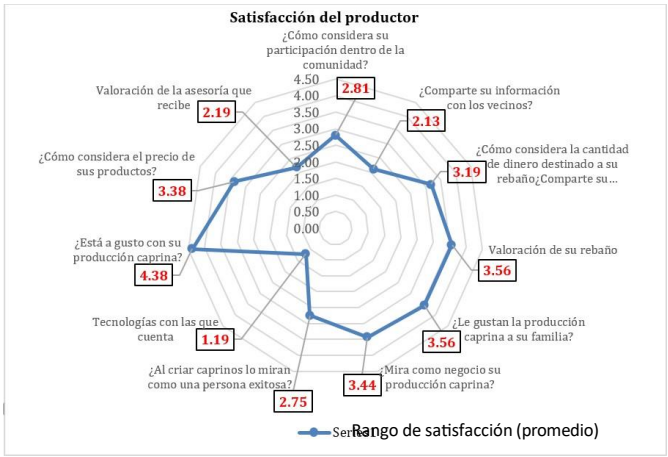


Figura 8. Grado de satisfacción.

CONCLUSIONES
De acuerdo al objetivo general de caracterización del sistema de producción de ganado caprino en la comunidad de Barajillas, Guerrero, se concluye lo siguiente:

La caprinocultura forma parte de las múltiples actividades que desarrollan las unidades de producción familiar, como las actividades agrícolas.
El ganado caprino es considerado por los productores como una estrategia de ahorro.
La satisfacción de los productores con el rebaño actual, ya que los animales presentan una buena habilidad para el pastoreo, habilidad materna y requieren por cuidados.
Los problemas que presentan la capricultura en la localidad de Barajillas, Guerrero son la escasez de forraje en la época de seca, bajo precio de venta, presencia de enfermedades en los animales, altos costos de los insumos y falta de mercados.

REFERENCIAS

Bustamante, G.A., Vargas, L.S., Guerrero, R.J., Pérez, R.N., Calderón, S.F., Olvera, H.J. y Pérez, R.E. (2011). Caprinocultura, recursos naturales y sociedad en la Montaña de Guerrero. Colegio de Postgraduados: Altres Costa–Amic Editores. Puebla, Puebla. pp. 58 – 69.
Centeno, B.S.B., López, D.C.A. y Juárez, E.M. (2005). Avicultura familiar y autosuficiencia alimentaria. En ganadería, sustentabilidad y desarrollo rural. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Edo. México. Pp. 155 – 168.
Consejo Nacional de Investigación (NRC) (1981). Requerimientos nutricionales del ganado lechero. 5ª rev. ed. Nacional Academia de Ciencias, Washington, D.C.
Escareño, S. L. M., Wurzinger, M., Pastor, L. F., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. XVII, 235-246.
FAO y Banco Mundial (2001). Sistemas de producción agropecuaria y pobreza: Cómo mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en el mundo cambiante. Compendio. pp. 2-3. Consultado el 12/04/2023 en: http://www.fao.org/3/a-ac349s.pdf.
Fundación Produce – Guerrero (2012). Agenda de innovación 2012 – Guerrero. Fundación Produce A.C.
García, B.D.V. (2013). Diversidad de cabras en los sistemas tradicionales de la Montaña baja del estado de Guerrero, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Puebla, Puebla. 72 pp.
Hernández, Z. J. (2000). La caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. Archivos de Zootecnia. 49(187):341- 352.
Hernández, S.R., Fernández, C.C. y Baptista L.P. (2010). Metodología de la investigación (5° ed.). Perú: Mc Graw Hill. 368 Pp.
INEGI (2020). Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=120230001 (Consultado en abril de 2023).
Lacerca A. M. (1978). Los caprinos. Ed. Albastros. Buenos Aires, Argentina. 240 pág.
Martínez, R. R., Torres, H.G. y Martínez, H.S. (2013). Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra blanca Criolla del "Filo Mayor" de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero. Revista Nova Scientia. 6 (11):25-44.
Paz R., Castaño L. y Álvarez R. (2008). Diversidad en los sistemas cabriteros tradicionales y estrategias tecnológico- productivas. Archivos de Zootecnia. 57(218):207-218.
Pezo, D.; Ruíz, A. (1982). Requerimientos nutricionales del ganado. Aspectos nutricionales en los Sistemas de Producción Bovina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Programa de Formación de Recursos Humanos. Unidad de Capacitación. Turrialba, Costa Rica. pp. 7-23.
Piña, E. y Piña, Z. H. (2012). Comportamiento histórico de la ganadería caprina en el estado Falcón en el periodo 1990-2009, Venezuela. Multiciencias. 12(4):363- 371.
Rebollar, R. S., Hernández, M. J., Rojo, R. R. y Guzmán, S. E. 2012. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. Agronomía Mesoamericana. 23(1):159-165.
Ruiz, D. F. (2017). Producción de caprino en México. 18-26. Recuperado de: https://www.iga-goatworld.com/blog/produccion-de-caprino-en-mexico
SEMARNAT (2020). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2020/archivos/02_agrigan/d2_agrigan04_10.pdf (Consultado en marzo del 2023).
Roncallo, F. B., Toloza, P. A., Barros, H. J, Silva, Z. J., Ávila, M. E., Araujo, G. A., Mejía, P. M. y Robledo, L. M. (1999). Caracterización tecnológica de las explotaciones ovinas y caprinas en los departamentos de Guajira, Cesar y Magdalena. Copocaribe. 2(2):5-1.

COMPARACIÓN DE DIFERENTES TIEMPOS DE USO DE ZERANOL EN CORDEROS DE PELO

*Armenta B.L.G., Gastelum D.M. A., Aguilar Q.A., Angulo V. I.

Resumen

Con la finalidad de tener un mejor desarrollo se buscan alternativas como el uso de promotores de crecimiento como lo son el zeranol; se analizaron 60 corderos los cuales se agruparon de acuerdo al tratamiento siendo grupo control (n=20), una sola aplicación (n=20) y aplicación cada 30 días (n=20), a los cuales se les aplicó zeranol en una dosis de 0.2mg/kgpv además de tomarse sus medidas zoometricas, posteriormente por medio de un modelo de bloques al azar se analizaron los datos obtenidos para comparar si hubo efecto de tratamiento y entre los tiempos de uso del zeranol. Para peso final y peso inicial no se obtuvo una diferencia significativa ($P<0.05$), sin embargo, para ganancia diaria de peso una sola aplicación fue mayor ($P<0.05$), con relación a los otros dos tratamientos, con referencia a las medidas zoometricas, el tratamiento 2 y 3 fueron superiores ($P<0.05$) en diámetro torácico y longitud corporal con relación al grupo control. El uso de zeranol favorece a incrementar la ganancia diaria de peso, longitud corporal y diámetro torácico, sin importar los tiempos de uso, lo cual favorece a un incremento en la producción.

Introducción

El volumen de producción en México es ineficiente ya que las importaciones de carne ovino fueron elevadas al principio de la década de los 2000 (Bobadilla-Soto *et al*, 2017), a su vez la población de ovinos en México se vio incrementada en un 25% entre 2003 y 2013, alcanzando 8.5 millones de cabezas en 2013 incrementando la producción de carne en canal de 30 mil a casi 54 mil toneladas (Zazueta, 2016), en México, los sistemas pastoriles tradicionales son los que abastecen de carne de ovino a los mercados locales representando una alternativa rentable por su buen precio y alta demanda (Bobadilla-Soto *et* al, 2021), a pesar que el consumo de carne ovina en México es de solo 0.7kg *per cápita*, se tiene que importar el 30% del consumo nacional (Zazueta, 2016), es por eso que muchos productores optan por utilizar anabólicos para acelerar la tasa de crecimiento de los animales y poder sacarlos antes a mercado y con un mejor peso. El uso de implantes hormonales puede favorecer el desarrollo y finalización de corderos, haciéndolos más eficientes en la ganancia diaria de peso y, por ende, reduciendo los costos de producción (Ortíz *et al*, 2020).

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en una explotación ganadera ovina de razas de pelo ubicada municipio de Bacum, Sonora (27°33’02’’ latitud norte, 110°04’58’’ longitud oeste) a una altitud de 28 msnm el cual cuenta con un clima muy seco muy cálido y cálido con lluvia de verano (INEGI, 2021). Para este trabajo se consideraron 60 corderos de 3 meses de edad previamente destetados a los cuales se les aplicó un manejo sanitario preventivo a base de biológicos (bacterina).Los animales se clasificaron tomando el peso inicial como factor de bloqueo para homogenizar lo mayor posible los grupos siendo clasificados de la siguiente manera: grupo control/tratamiento 1 sin aplicación de

* *Luis Gustavo Armenta Beltrán. Gustavo.armentab@hotmail.com, René Ramírez #1400, Col. Sochiloa, C.P. 85150 Cd, Obregón Sonora.

anabólico (n=20), tratamiento 2 con aplicación de dosis única de zeranol (n=20) y tratamiento 3 con aplicación periódica de zeranol cada 28 días (n=20).

En el día 0 se pesaron a todos los corderos, se les tomó 3 medidas zoométricas: diámetro de caña (DC), diámetro torácico (DT), longitud corporal (LC) y se les aplicó Zeranol en una dosis de 0.2mg/kgpv de acuerdo con el tratamiento, posteriormente se seleccionaron 10 sujetos al azar de cada grupo para un monitoreo periódico cada 14 días a los cuales se les realizó el mismo procedimiento; pesaje y toma de medidas zoométricas. Los datos obtenidos fueron agrupados e introducidos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, para este trabajo se utilizó un modelo de bloques al azar, donde se tuvo peso inicial como factor de bloqueo, se desarrolló una comparación de media por medio de una prueba de Tukey, para determinar si se presentaba un efecto de tratamiento, todos estos datos fueron analizados por medio del paquete estadístico SAS.

Resultados

En el cuadro No.1 se muestran los promedios de las medidas zoométricas, se encontró una diferencia entre los tratamientos 1 y 3 ($P<0.05$) siendo estos el grupo control y el grupo de aplicación periódica de zeranol respectivamente; en cuanto al diámetro de caña no se observó diferencia significativa entre los 3 tratamientos por lo que se entiende que el zeranol no afectó al desarrollo óseo natural de los corderos; en el diámetro torácico se encontró una menor longitud en los corderos del tratamiento 1 en comparación con los animales de los tratamientos 2 y 3 ($P<0.05$); mientras que en la longitud corporal se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos. El cuadro No.2 muestra la comparación de los promedios del peso y GDP, o los corderos del tratamiento 2 tuvieron una mayor ganancia diaria de peso ($P<0.05$) en comparación del grupo control, mientras que para el grupo de tratamiento cada 30 días no presento diferencia.

CuadroNo.1 comparación de los promedios de las medidas zoometrías en corderos sometidos a diferentes aplicaciones de zeranol.

Tratamientos	***Diámetro de caña***	***Diámetro torácico***	***Longitud corporal***
1	1.88 ± 0.14^{a}	50.59 ± 3.90^{b}	29.72 ± 2.29^{b}
2	2.18 ± 0.14^{a}	61.71 ± 3.92^{a}	$34.83 \pm 2.^{29a}$
3	1.95 ± 0.14^{a}	56.20 ± 3.94^{a}	33.20 ± 2.29^{ab}

^{a,b} Valores con distinta literal presenta diferencia significativa ($P<0.05$)

Cuadro No.2 Comparación de medias en variables de crecimiento en corderos sometidos a diferentes tiempos de aplicación de zeranol.

Tratamientos	***Peso Inicial***	***Peso Final***	***Ganancia diaria de peso (GDP) (kg)***
1	17.675±0.64[a]	31.05±1.14[a]	0.1711±0.02[a]
2	15.625±0.64[a]	32.5±1.14[a]	0.2009±0.02[b]
3	16.475±0.064[a]	32.6±1.14[a]	0.1801±0.02[ab]

a,b Valores con distinta literal presenta diferencia significativa (P<0.05)

Discusión y conclusiones

Los promotores de crecimiento han demostrado favorecer a la ganancia diaria de peso en un rango que va desde el 10% hasta el 20% así como mejorar la conversión alimenticia de un 6 a un 14% (Alkass y Hawar, 2015), dicho resultados se vieron marcados en el presente estudio, donde se tuvo un incremento de ganancia diaria de peso de 30 gr en animales con una sola aplicación de zeranol, con relación a los animales del grupo control esto es debido a que el zeranol induce un incremento en el tamaño y peso de la glándula pituitaria, lo que a su vez conlleva a un aumento de la concentración plasmática de la hormona de crecimiento, estos cambios se manifiestan con un incremento en la concentración plasmática de glucosa y un aumento en la retención de nitrógeno (Ortíz *et al*, 2013), generalmente el zeranol es usado a manera de implantes, pero también ha sido utilizado en su presentación oleosa obteniendo resultados favorables, mejorando la ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia (Canul *et al,* 2009).

Cuando un animal es expuesto a una situación de estrés térmico se desvía parte de la energía consumida (la cual si el animal se encuentra en confort sería destinada a crecimiento) hacia la ejecución de ajustes fisiológicos para así poder regular su temperatura corporal (Bianca, 1972), en el caso se manejar animales homeotermos se termina incrementando el efecto negativo del estrés calórico sobre la eficiencia productiva del ovino ya que se reduce la eficiencia del mismo para poder disipar el calor corporal a través del sistema respiratorio (Oliva y Vidal, 2001).

El uso de zeranol en una sola aplicación favorece a incrementar la ganancia diaria de peso y largo del cuerpo en corderos sometidos a un programa de engorda bajo condiciones del sur de Sonora, el uso de aplicación mensual no mejora variables de crecimiento y medidas zoometricas.

Literatura citada

Alkass, J. E. y Hawar, F. K. (2015). Zeranol and Breed Effects on Growth Performance, Carcass Merit and Body Composition of Lambs. *Advanced Journal of Agricultural Research*. Vol. 3(004), pp. 042-049. ISSN: 2360-9354.

Bianca, W. (1972). *Termorregulación. En adaptación de los animales de granja*. Ed. Herrero S.A., México. Pp 135-162.

Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F. y Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 32(3), pp 963-982 DOI: https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473

Bobadilla-Soto, E. E., Salas-Razo, G., Padillas-Flores, J. P. y Perea-Peña, M. (2015). UNIT DISPLACEMENT OF SHEEP PRODUCTION IN MEXICO BY EFFECT OF IMPORTS. *International Journal of Development Research*. Vol. 5(02), pp. 3607-3612. ISSN: 2230-9926.

Canul, S. J. R., Pelcastre, O. A. y Duarte, V. F. J. (2009). Efecto de Zeranol en solución oleosa sobre el comportamiento de corderos Pelivuey en engorda. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*. Vol. 4(4), pp. 485-488. ISSN: 1981-1160.

Oliva, H. J. y Vidal, B. A. (2001). UTILIZACIÓN DEL ZERANOL EN BORREGOS PELIBUEY EN PASTOREO Y CON CONCENTRADO ENERGÉTICO. *Universidad y ciencia*. Vol. 14(34).

Ortiz, B., Camacho, A., Villalba, N. E., Flores, L. R., Romo, J. A., Aguirre, J., García, D. E. y Barajas, R. (2013). Efecto del implante de Zeranol en la respuesta productiva de ovinos Dorpes x Katahdin en engorda intensiva. *Zootecnia Tropical*. Vol. 31(2), pp. 171-176.

Ortiz, R. B., Mejía, H. I., Espinoza, H. J. C., Ramón, U. J. P., Rivera, L. J. y Marín, P. V. M. (2020). EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON CONCENTRADO O APLICACIÓN DE ZERANOL EN CORDEROS PELIBUEY SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS. *Interciencia*. Vol. 45(12), pp. 562-567.ISSN: 0378-1844.

Zazueta, T. B. A. (2016). *CARACTERÍSTICAS, COMPOSICIÓN Y CALIDAD DE LA CANAL DE OVINOS DE PELO EN FINALIZACIÓN INTENSIVA*. Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

FRECUENCIA DE SEROPREVALENCIA DE *Mycobacterium avium subespecie paratuberculosis* EN REBAÑOS OVINOS CON MANEJO SEMI-INTENSIVO

Luis-Cano J.Y.[*1], Velázquez-Morales J.V.[2,3], Córdova López D.[4], Santillán-Flores M.A.[4], Valencia-Franco E. [1], Castro-González N.P.[1]
velazquez.morales@yahoo.com.mx

[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Tlatlauquitepec, Puebla, México. C.P. 73900.
[2]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Departamento de Biología de la Reproducción.
[3]Instituto Mexicano del Seguro Social, OOADR, Edo. de Méx. Oriente, HGZ No. 57
[4]CENID-SAI INIFAP

Resumen

La paratuberculosis (PTB) es una enfermedad ocasionada por *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), que causa enteritis crónica, genera pérdidas económicas debido a la emaciación progresiva, por tales motivos, es necesario utilizar herramientas diagnósticas adecuadas para detectar animales infectados y establecer medidas de control. El objetivo del estudio fue determinar la seroprevalencia de paratuberculosis en 3 unidades de producción ovina con manejo semi-intensivo. Se realizó un estudio epidemiológico transversal, realizando un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se trabajaron 254 ovinos de los que se obtuvo una muestra de sangre para su análisis con la técnica de ELISA anti-MAP. Se obtuvo una cédula de datos por ovino incluyendo variables como: sexo, edad en meses, raza, numero de partos y condición corporal, se elaboró una base de datos incluyendo el resultado de diagnóstico de ELISA anti-MAP. Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa STATA 7.0. De los 254 sueros evaluados se encontró una seroprevalencia a PTB en la población ovina del 21.1%. En cuanto a seropositividad a PTB respecto a la variable sexo se encontró un 26.3% en machos y un 21.7% en hembras. Por edad la categoría de 25-36 meses fue la mayor con 28.8%. En relación a la raza, Texel fue de un 50%. De acuerdo al tipo de animal, los animales de pelo tuvieron un 24.7%. En base a número de partos, en los animales con 2 partos fue de un 27.3%. Por condición corporal los animales con buena condición presentaron un 71.4%.Se concluye en base a los anticuerpos contra paratuberculosis que la enfermedad esta diseminada en las 3 unidades de producción.

Introducción

La paratuberculosis (PTB), causada por Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis (MAP), es una infección crónica que genera pérdidas económicas en unidades de producción de rumiantes domésticos (Saxmose & Toft, 2009). La paratuberculosis actualmente se considera una enfermedad emergente a pesar de su reconocimiento desde hace más de un siglo (Méndez Olvera et al., 2013). Está presente en muchos países y se percibe como una enfermedad importante por razones que incluyen su impacto en la economía, en la salud animal, en el bienestar animal y en la salud pública. La PTB tiene una distribución mundial y su prevalencia varia del 5 al 25 % (Martínez-Covarrubias et al., 2012). En Francia la prevalencia entre el ganado es aproximadamente el 20% (Saxmose & Toft, 2009). Stau et al. (2012) reportaron seroprevalencia en ovejas (65%) y en cabras (71%), en Alemania y reportaron que el 65% tenía al menos un animal positivo. En México los estudios indican prevalencia entre el 5 y el 30 %, (Guzmán-Ruiz et al., 2016). Las principales razones para la intervención de control de MAP son las pérdidas económicas que ocasiona a los productores, así como el posible papel de MAP en la enfermedad de Crohn en humanos, como resultado, se han llevado a cabo múltiples estudios para determinar la prevalencia de infecciones por MAP dentro y entre rebaños (Saxmose & Toft, 2009).

[*] *Jadid Yoed Luis Cano. [1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Tlatlauquitepec, Puebla, México. C.P. 73900. Tel. 2331127386

El diagnóstico de PTB está basado en la identificación de MAP en muestras clínicas, de manera clásica se realiza el aislamiento en medios de cultivo a los que se adiciona micobactina, sin embargo, en pocos casos se logra el aislamiento del microorganismo, también se han empleado diferentes métodos moleculares para realizar el diagnóstico los cuales ponen en evidencia la presencia de ADN del microorganismo (Méndez Olvera et al., 2013). La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) realizada con heces, es considera como una prueba confirmatoria (Garcia & Shalloo, 2015). Sin embargo, aunque se elimina el agente por vía fecal, en ocasiones las cantidades de microorganismos están por debajo del umbral de detección por las pruebas de rutina (Ramírez-V et al., 2011). Sin embargo, la excreción de MAP en las heces es de manera intermitente (Paolicchi et al., 2013). Se han utilizado pruebas serológicas para detectar la presencia de anticuerpos contra MAP. Las pruebas serológicas utilizadas en los pequeños rumiantes incluyen la inmunodifusión en gel de agar (AGID) y la prueba ELISA, estas pruebas son particularmente importantes en pequeños rumiantes, ya que el cultivo bacteriológico fecal ha demostrado tener baja sensibilidad y altos costos (Coelho et al., 2007). Adicionalmente, que el cultivo requiere de 8 a 16 semanas de incubación y uso de un medio de culivo especializado para poder confirmar la presencia de MAP (Erume et al., 2001). Se ha indicado que la prueba diagnóstica que se utiliza con mayor frecuencia es la prueba ELISA, la cual tiene un costo bajo, la colecta de muestras es fácil, la realización de la prueba posee poco riesgo de contaminación y los resultados se obtienen en menor tiempo (Stau et al., 2012).

Debido a que los programas de control y vigilancia de PTB están basados en su detección oportuna se necesita aplicar técnicas de diagnóstico específicas que permitan localizar los focos de infección (Jaimes et al. 2008), por lo que el objetivo del trabajo, fue determinar la seroprevalencia de paratuberculosis en rebaños ovinos con manejo semi-intensivo.

Material y Métodos

Se desarrolló un estudio epidemiológico de tipo transversal realizando un muestreo en 3 unidades de producción de ovino ubicadas en los municipios de: Córdova-Veracruz (unidad de producción 1), Tepeyehualco-Puebla (unidad de producción 2) y en Tlatlauquitepec- Puebla (unidad de producción 3), con un sistema semi-intensivo; con pastoreo durante el día y resguardo en las instalaciones durante la noche. La selección de las explotaciones por muestreo no probabilístico, por conveniencia con productores cooperantes. Los criterios de inclusión para la selección de los animales fue: ovinos mayores de 6 meses de edad, animales aparentemente sanos, hembras y machos adultos.

Colecta de datos

Se aplicó una cedula de datos por ovino para capturar las siguientes variables: sexo, edad en meses, raza, número de partos, condición corporal en escala de 1 a 5 (Russel et al., 1969) Para realizar el análisis epidemiológico, todos los resultados del ELISA anti-Map y de las cedulas se capturaron en una base de datos para su análisis estadístico.

Toma de muestras y Diagnóstico serológico

A los ovinos incluidos en el estudio se les tomo una muestra de sangre, vía punción yugular con tubo vacutainer sin anticuagulante, posteriormente se centrifugaron (1000 x g durante 10 min) para recuperar el suero en micro tubos estériles de 2 ml. Todas las muestras (suero) se conservaron en congelación (-20° C), hasta su procesamiento.

ELISA anti-MAP

Las muestras fueron analizadas mediante la técnica de ELISA indirecta para detectar anticuerpos Anti-MAP, según el protocolo de Martínez-Covarrubias et al. (2012) quienes consideran el punto de corte a 0.22 densidades ópticas, por lo tanto, lecturas iguales o mayores 0.20 fueron considerados positivas.

Análisis estadístico

Se realizó análisis descriptivo de cada variable de la población ovina, posteriormente se desarrolló un análisis en cuadros de 2x2 con la variable de diagnóstico (positivo/negativo). Se aplicó la prueba

de chi cuadrada (x2) para el análisis comparativo entre las variables y prueba diagnóstica. El análisis estadístico se realizó con el programa STATA 7.0 (StataCorpLP, College Station, TX, USA).

Resultados

Se observó que con la prueba ELISA un total de 56 de 254 ovinos se determinaron serológicamente positivos a MAP. La seroprevalencia en la población ovina fue del 22.1% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Seroprevalencia de *Mycobacterium avium subsp.* paratuberculosis en la población total ovina con manejo semi-intensivo.

Positivos	Negativos	TOTAL
22.1 % 56/254	77.9 % 198/254	100% 254/254

Se determinó que las 3 unidades de producción presentaron al menos un animal seropositivo a paratuberculosis. Por lo que la seroprevalencia en la unidad de producción 1 fue del 21.3 %, en la unidad de producción 2 del 16% y en la unidad 3 del 29.5 %. No se observó diferencia estadísticamente significativa entre las 3 unidades de producción (p=0.137) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Seroprevalencia de *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis en las 3 unidades de producción de ovinos con manejo semi-intensivo

UPP	Positivos	Negativos	TOTAL
1	21.3 % (23/108)	78.7% 85/108	100% 108/108
2	16% (12/75)	84% 63/75	100% 75/75
3	29.5 (21/71)	70.5% 50/71	100% 71/71
p=	0.137		

Se muestrearon un total de 19 machos y 235 hembras los cuales 26.3% y 21.7% fueron seropositivos respectivamente. Los animales con la edad en meses de la categoría 25-36 presentaron la mayor frecuencia a positivos con un 28.8%. En relación a la raza, los animales Texel presentaron mayor frecuencia a positivos con un 50%. De acuerdo al tipo de animal, los animales de pelo presentaron una mayor frecuencia a positivos con un 24.7%. Con base a número de partos los animales con 2 y 3 partos presentaron mayor frecuencia a positivos con 27.3% y 27.2%. Y de acuerdo a la condición corporal los animales con buena condición presentaron mayor frecuencia a positivos con un 71.4% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variable y categorías de seroprevalencia a paratuberculosis

CARACTERISTICAS DE LOS OVINOS	(n)	POSITIVOS A ELISA	SEROPOSITIVOS (%)	Valor de *p*
SEXO				0.641
Machos	19/254	5/19	26.3	
Hembras	235/254	51/235	21.7	
EDAD EN MESES				0.090
6-12	0/248	0/0	0	
13-24	42/248	7/42	16.6	
25-36	90/248	26/90	28.8	
37-48	61/248	15/61	24.5	
49-85	38/248	8/38	21	
RAZA				0.031
Pelibuey	65/245	10/65	15.3	
Dorper	47/245	13/47	27.6	
Texel	6/245	3/6	50	
East Frisean	75/245	12/75	16	
Kathadin	54/245	18/54	23	
TIPO DE ANIMAL				0.116
Pelo	178/254	54/178	24.7	
Lana	76/254	12/76	15.7	
NUMERO DE PARTOS				0.065
0	0/230	0/0	0	
1	69/230	13/69	18.8	
2	117/230	32/117	27.3	
3	22/230	6/22	27.2	
4	0/230	0/0	0	
CODICION CORPORAL				0.004
Muy mala	0/254	0/0	0	
Mala	125/254	29/125	23.2	
Moderada	122/254	22/122	18	
Buena	7/254	5/7	71.4	
Excelente	0/254	0/0	0	

Discusión y Conclusiones

En este estudio se obtuvo una seroprevalencia total a MAP del 21.1%, por lo que, entra en el rango reportado a nivel mundial, el cual es del 5 al 25% (Martínez-Covarrubias et al., 2012). Dentro de las unidades de producción la seroprevalencia obtenida en la unidad de producción 1, fue del 21.3%, la cual es mayor a lo reportado por Méndez Olvera et al. (2013) con un 13% de prevalencia, en el Estado de Veracruz. Respecto a las unidades de producción ubicadas en Puebla, 2 y 3, la seroprevalencia fue del 29.5 % y del 16%, respectivamente, estos valores fueron menores a lo reportado por Gallaga-Maldonado et al. (2017) quienes reportaron prevalencia del 48.1 % en el mismo estado. Al analizar cada variable, en sexo hubo una mayor seroprevalencia para machos (26.3%) aunque no hubo diferencias significativas entre macho y hembra (p=0.641), sin embargo, se ha reportado que entre machos y hembras puede haber una mayor seroprevalencia en hebras (11%) a comparación de machos (5%), en venado cola blanca (Lozano-Cavazos et al., 2021). (Abbas et al., 2011) . No se encontró diferencia significativa para la variable edad, la categoría de 25- 36 meses presento mayor seroprevalencia con un 28.8%, en comparación a lo encontrado por Stau et al. (2012) donde los grupos de 3 a 4 años presentaron mayor seroprevalencia. Para la raza si se encontró diferencia significativa (p=0.031). De acuerdo al tipo de animal no se encontró diferencia significativa. Sin embargo en condición corporal si se encontró diferencia significativa (p=0.004)

Por lo tanto, el diagnostico con la prueba ELISA ha demostrado ser útil para la detección de paratuberculosis ovina, pero indica que los animales han estado expuestos a MAP, aunque en ocasiones no se expresan signos propios de paratuberculosis (Chiodini et al., 1984). El control de la PTB depende de la detección oportuna, y eliminación de los animales infectados. Por esta razón las estrategias para la detección, seguimiento y control de MAP deben ser implementadas (Jaimes et al. 2008). Las pruebas serológicas, moleculares y las basadas en cultivos se pueden utilizar para estimar el número de individuos infectados para evitar que la micobacteria se propague por toda la población o de la creación de sitios que representen riesgos de contagio a los animales susceptibles. Para obtener información más precisa sobre el comportamiento epidemiológico en la población ovina de estas unidades, es necesario que se realicen estudios de diagnóstico confirmatorios, como cultivo bacteriológico y PCR a partir de heces, ya que estos permiten la detección clínica de los animales infectados con MAP.

TRABAJO FINANCIADO: RECURSOS FISCALES INIFAP SIGI 16593034896-P

Literatura citada

Abbas, M., Munir, M., Khaliq, S. A., Haq, M. I. U. H., Khan, M. T., & Qureshi, Z. U. A. (2011). Detection of Paratuberculosis in Breeding Bulls at Pakistani Semen Production Units: A Continuous Source of Threat. *ISRN Veterinary Science*, *2011*, 1,4. https://doi.org/10.5402/2011/501235

Chiodini, R. J., Van Kruiningen, H. J., & Merkal, R. S. (1984). Ruminant paratuberculosis (Johne's disease): The current status and future prospects. *The Cornell Veterinarian*, *74*(2), 218–262.

Coelho, A. C., Coelho, A. M., Pinto, M. D. L., & Rodrigues, J. (2007). *Diagnóstico de paratuberculose ovina Diagnosis of paratuberculosis in sheep*. *102*, 305–313.

Erume, J., Spergser, J., & Rosengarten, R. (2001). Rapid detection of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis from cattle and zoo animals by Nested PCR. *African Health Sciences*, *1*(12), 83–89.

Gallaga Maldonado, É. P., Arellano Reynoso, B., Antonio, M., Flores, S., Del Carmen, L., Humara, F., Córdova López, D., Morales, R. J., & Aparicio, E. D. (2017). Epidemiological situation of paratuberculosis in mainly goat regions of Puebla, Mexico. *Quehacer Científico En Chiapas*, *12*(1), 2017. https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/2017-ener-jun/4.Situacion_epidemiologica_de_la_paratuberculosis.pdf

Garcia, A. B., & Shalloo, L. (2015). Invited review: The economic impact and control of paratuberculosis in cattle. *Journal of Dairy Science*, *98*(8), 5019–5039. https://doi.org/10.3168/jds.2014-9241

Guzmán-Ruiz, C. C., Santillán-Flores, M. A., & Córdova-López, D. (2016). Prevalence and possible risk factors for caprine paratuberculosis in intensive dairy production units in Guanajuato, México. *Veterinary Medicine and Animal Health*, *8*(11), 156–162. https://doi.org/10.5897/JVMAH2016.0497

Lozano-Cavazos, E. A., Velázquez-Morales, J. V., Santillán-Flores, M. A., Tarango-Arámbula, L. A., Olmos-Oropeza, G., Martínez-Montoya, J. F., & Cortez-Romero, C. (2021). Seroprevalence of antibodies against mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis and its relationship to age and sex of texas white-tailed deer (odocoileus virginianus) in coahuila, mexico. *Journal of Wildlife Diseases*, *57*(2), 321–326. https://doi.org/10.7589/JWD-D-20-00045

Martínez-Covarrubias, G. A., Flores, S., Antonio, M., Ruiz, G., Humara, F., Carmen, L., López, C., Aparicio, D., Ochoa, B., Ángel, M., Guadalupe, A., Covarrubias, M., Antonio, M., Flores, S., & Celic, C. (2012). Desarrollo de un inmuno-ensayo enzimático (ELISA) para el diagnóstico de paratuberculosis en bovinos Development of an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the diagnosis of bovine paratuberculosis. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.

Méndez Olvera, T. E., Ramírez Lorenzo, N. I., Rojas Serranía, N., Olivares Orozco, L. J., & Martínez Gómez, D. (2013). Detección de Mycobacterium avium paratuberculosis en caprinos ubicados en una zona semi-árida en el municipio de Tecozautla Hidalgo. *Rev. Salud Anim.*, *35*(3), 182–188.

Paolicchi, F., Perea, J., Cseh, S., & Morsella, C. (2013). Relationship between Paratuberculosis and the microelements copper, zinc, iron, selenium and Molybdenum in beef cattle. *Brazilian Journal of Microbiology*, *44*(1), 153–160. https://doi.org/10.1590/S1517-83822013005000034

Ramírez-V, N., Rodríguez, B., & Fernández-S, J. (2011). Diagnóstico clínico e histopatológico de paratuberculosis bovina en un hato lechero en Colombia. *Revista MVZ Cordoba*, *16*(3), 2742–2753.

Russel, A. J. F., Doney, J. M., & Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*, *72*(3), 451–454. https://doi.org/10.1017/S0021859600024874

Saxmose, S., & Toft, N. (2009). *A review of prevalences of paratuberculosis in farmed animals in Europe*. *88*, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.07.003

Stau, A., Seelig, B., Walter, D., Schroeder, C., & Ganter, M. (2012). Seroprevalence of Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis in small ruminants in Germany. *Small Ruminant Research*, *105*(1–3), 361–365. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.03.008

Reproducción

EFECTO DE MASTITIS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS

Córdova I.A.[1*], Villa M.A.E.[2], Gómez V.A.[3], Bedolla C.C.[4], Olivares P.J.[5], Sánchez A.P.[6], Juárez M.A.L.[7] , Sánchez S-R[8] y Blancas O.D.C.[9]

[1]Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, D.F. [2]Facultad de Veterinaria. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [3]División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. [4]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán.
[5]Facultad de veterinaria. Universidad Autónoma de Guerrero. [6]Facultad de Veterinaria. Departamento de Farmacología. UAEM. [7]FMVZ-UNAM. [8]Departamento de Reproducción. INIA. Madrid, España.[9]Práctica privada.

Introducción

México ocupa el lugar 16º en producción de leche a nivel mundial. La producción de leche representa el 3er lugar en el valor de la producción pecuaria nacional con el 17%. A nivel mundial la producción pecuaria está creciendo más deprisa que cualquier otro sector, y se previó que para 2020 el sector ganadero sería el sector agropecuario más importante en lo que respecta al valor agregado (CANILEC, 2021). Por lo tanto, será necesario aumentar considerablemente la productividad de la ganadería en los países en desarrollo como México, para poder satisfacer la demanda de los consumidores. Los ganaderos lecheros no pueden minimizar la importancia de realizar las prácticas necesarias para manejar sus unidades de producción con eficiencia y eficacia.

La producción en las vacas lecheras es creciente del segundo al tercer o cuarto parto, luego empieza a tener rendimientos decrecientes, los cuales varían de acuerdo con la raza. Las vacas son hembras poliéstricas típicas, es decir, presentan su ciclo estral durante todo el año; después de ser apareada, si la hembra queda preñada deben pasar nueve meses hasta el momento del parto. La madurez fisiológica (pubertad) habilita al animal para reproducirse, pero no debe hacerse hasta alcanzar la madurez zootécnica (peso y edad según la raza); esto para garantizar el desarrollo corporal adecuado que le permita al animal sobrellevar la monta, la gestación, el parto y la lactancia (Loera, 2017).

Las vacas con mastitis previo al primer servicio muestran un incremento significativo en número de días para el primer servicio y número de servicios por concepción, comparadas con las vacas sin mastitis. Estudios sugieren que en los tejidos inflamados por la infección con bacterias Gram negativas, se liberan prostaglandinas; el incremento de prostaglandina circulante ejerce el mismo efecto farmacológico que si la inyectaran, pudiendo incrementar la duración del estro en las vacas infectadas, así como la pérdida embrionaria en una vaca servida (Inestroza *et al*., 2020).

Objetivo

Analizar el efecto de la mastitis sobre parámetros productivos y reproductivos en vacas lecheras.

Material y métodos

Se realizó una revisión sistemática de documentos relacionados con el tema de la relación mastitis-días abiertos, mastitis-intervalo entre partos, utilizando los buscadores Google académico, BIDIUAM y BIDIUNAM; la búsqueda será de documentos publicados tanto en México como en el contexto internacional, incluyendo artículos tanto en español como en inglés. Se analizarán además las referencias bibliográficas de los archivos seleccionados, con el fin de rescatar otra bibliografía potencialmente incluible para la revisión.

*Dr. Alejandro Córdova Izquierdo. Calz. Del hueso 1110 Col. Villa Quietud C.P. 04960, Coyoacán, Ciudad de México. Tel. 9931747883 y 5554060498. acordova@correo.xoc.uam.mx.

El criterio de inclusión para la literatura será sobre información relacionada con vacas de producción de leche; el principal criterio de exclusión será que la literatura a revisión no sea más antigua del año 2015. Para la selección de información se revisarán los resúmenes/abstracts y de ser necesaria el documento completo.

Resultados

En el estudio realizado por González y Peñate en el 2020 en dos ganaderías donde en la primera contaban con 140 vacas Holstein y en la segunda con 750, se encontró que la mastitis tuvo un efecto significativo sobre los parámetros reproductivos como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Relación entre mastitis y parámetros reproductivos y productivos en vacas paridas durante el periodo de 2015-2017.

	Mastíticas (n = 1143)	Sanas (n = 1198)	Desv Est	Min	Max	Valor P
Días al primer celo	74.8[a]	70.5[b]	33.4	20.0	198	*0.03*
Días al primer servicio	88.1[a]	82.2[b]	34.2	29.0	219	*<0.01*
Intervalo 1er serv-concep.	133[a]	92.4[b]	110	0.0	487	*<0.01*
Días abiertos	227[a]	177[b]	116	29.0	593	*<0.01*
Servicios por concepción	3.93[a]	3.04[b]	2.37	1.0	11.0	*<0.01*
Servicios por vaca	4.24[a]	3.46[b]	3.03	1.0	21.0	*<0.01*
IEP Esperado (meses)	16.5[a]	14.9[b]	3.80	10.0	28.5	*<0.01*
Producción por día (kg)	17[b]	17.9[a]	4.21	8.0	31.6	*<0.01*
Producción total (kg)	5172[b]	5460[a]	1285	2454	9627	*<0.01*

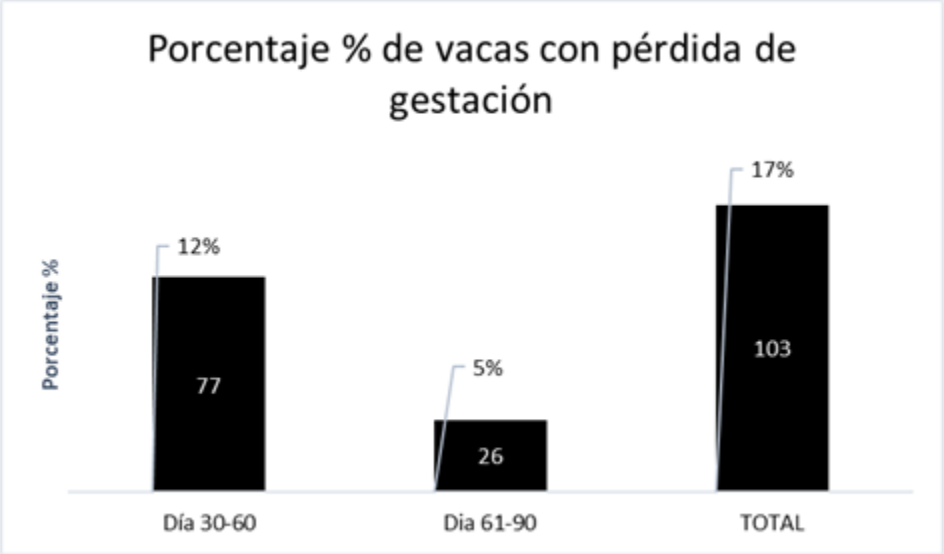
IEP= Intervalos entre partos

En los días abiertos, intervalo 1er servicio-concepción, servicios por concepción e intervalo entre partos esperados (P < 0.01) fueron mayores en vacas con mastitis que en vacas sanas promediando 41 días del intervalo primer servicio-concepción, 50 días abiertos, 0.89 servicios, 0.78 servicios y 1.6 meses más que en vacas sanas.

En el estudio realizado por Espinoza, 2017, donde se evaluaron 1781 registros con vacas presentando mastitis, se encontró que las vacas con Mastitis clínica en el verano tuvieron menos (p<0,05) días abiertos (160,80) en comparación al invierno (177,27).

Por lo que se puede afirmar que la mastitis influyó sobre los días abiertos de manera que en los días abiertos se presenta una mayor frecuencia con mastitis (177 >161).

Miranda *et al* (2019), realizó un estudio en el que se analizaron los datos de 619 vacas durante el período de octubre de 2015 hasta octubre de 2016. Se utilizaron tres grupos experimentales clasificados por la severidad de mastitis subclínica diagnosticada por California Mastitis Test (CMT). El Grupo control (CMT 0) vacas que no presentaron mastitis subclínica hasta los 90 días posteriores a la inseminación artificial (IA). El grupo CMT T-1, vacas diagnosticadas con mastitis subclínica grado trazas y grado 1 hasta los 90 días posteriores a la IA y el grupo CMT 2-3, vacas que presentaron mastitis subclínica grado 2 y 3 hasta los 90 días posteriores a la IA. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía transrectal entre los 28 y 35 días posteriores a la IA y se realizó un seguimiento ecográfico a los 60 y 90 días de gestación. Se encontró una pérdida de gestación entre los 30 a 60 días del 12% y entre los 60 a 90 días del 5%. Con este resultado se evidenció una asociación entre mastitis subclínica grado 2 y 3 con la pérdida temprana de gestación (OR 2,6; p <0,01).



Porcentaje % de pérdidas embrionarias y fetales entre los días 30-60 y 61-90 post inseminación en vacas lecheras Holstein.

Estos resultados son relevantes pues relacionan la mastitis con la mortalidad embrionaria, y este factor, como ya fue mencionado, es considerado el principal en el aumento de intervalo entre partos bovinos.

Discusión

Un artículo publicado por Pedroso y Roller en el 2017, indica que la mastitis es una enfermedad de las glándulas mamarias que ocasiona grandes pérdidas económicas a la industria lechera; además, existen varias evidencias experimentales de su relación con el comportamiento reproductivo del ganado vacuno. Debido a que ocurrencia de mastitis está asociada al aumento del intervalo entre partos, número de servicios por gestación, anestro, mortalidad embrionaria y abortos. En la mayoría de los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, tiene una prevalencia superior al 50% en los hatos productores de leche, respecto a la cual existen algunos informes de las pérdidas ocasionadas por la mastitis en la producción y calidad de la leche vacuna.

Como se puede observar en los resultados de Gonzales y Peñate (2020), las vacas que tienen reporte de mastitis antes de la concepción presentaron un desmejoramiento de los parámetros reproductivos en ambas ganaderías del salvador. Existen diferentes estudios que han demostrado una correlación negativa entre mastitis y fertilidad. Así, las vacas que tuvieron mastitis clínica antes del primer servicio, y entre el primer servicio-concepción fueron menos fértiles que las vacas que no padecieron mastitis.

En los resultado antes mencionados obtenidos por Miranda y col., (2019), se evidenció una asociación entre mastitis subclínica grado 2 y 3 con la pérdida temprana de gestación, apoya a un un estudio realizado por Lorenti y colaboradores en 2017, demostraron una clara asociación entre los recuentos de células somáticas elevados y una falla en eficiencia reproductiva (aumento en el intervalo parto primera inseminación, disminución en la probabilidad de concepción al primer servicio y en la preñez final. Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que existe asociación entre la mastitis subclínica grado 2 y 3 con la pérdida de gestación temprana durante los primeros 90 días en vacas lecheras Holstein.

La presencia de mastitis en las unidades de producción lechera tiene efecto perjudicial para el desempeño reproductivo de las vacas, ya que aumentan los días de intervalo parto-primer servicio, disminuye la fertilidad, aumentan los días abiertos y servicios por concepción; además, aumenta la susceptibilidad al aborto temprano; como consecuencia de todo ello, pérdidas económicas para el

ganadero (Miranda, 2018). Debido a todo lo anterior podemos concluir que existen evidencias de los efectos ocasionados por mastitis en estos parámetros reproductivos.

Conclusión

La mastitis es una patología de importancia entre el ganado bovino lechero, ya que influye en la producción y reproducción del hato. Dependiendo del grado de mastitis clínica o subclínica, llega a afectar en un porcentaje mayor o menor a los diferentes parámetros reproductivos. Para su prevención y control, se recomienda contar con instalaciones adecuadas, así como su revisión periódica; un buen plan de manejo, personal capacitado, y un servicio médico veterinario de calidad que realice exámenes clínicos periódicos a los animales para poder anticipar cualquier enfermedad. Es necesario darle la importancia merecida a la mastitis, y tener en cuenta que su conocimiento es de relevancia para tener mayor control, pudiendo aprovechar de esta manera el potencial del sistema de producción y evitar pérdidas económicas.

Literatura citada

CANILEC. 2021. Estadísticas del Sector Lácteo. GOB. MX. p.5-10.

Espinoza, G. 2017. Mastitis y eficiencia reproductiva en el establo granados 2010 - 2014, Huaura [Tesis para licenciatura]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrion. Perú.

Gonzàlez, F; Peñate, S. 2020. Efecto de la paridad, aborto y padecimientos posparto sobre paràmetros reproductivos y productivos en vacas lecheras en dos ganaderìas de Sonsonete, El Salvador. [Tesis de licenciatura]. *Universidad de El Salvador.*

Inestroza, F; Zepeda, T; Galindo, L. 2020. Efecto de tres selladores sobre la incidencia de mastitis subclínica y evaluación de resistencia a antibióticos de tres bacterias patógenas en dos ganaderías lecheras en el Municipio de Caluco, Sonsonate, El Salvador. *Universidad.*

Loera, J. 2017. Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco. Estado de México. Artículo del 4to congreso internacional de ingeniería agroindustrial.

Miranda, S., Albuja, C. & Tríbulo, H. 2019. Asociación entre la mastitis subclínica con la pérdida temprana de gestación en un hato de vacas lecheras. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 30(2): 48-56.

Pedroso, R. Roller, F. 2017. Mastitis, fertilidad y eficiencia de las biotecnologías de reproducción asistida en el trópico. Instituto de Investigaciones, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí. Santa Ana, Manabí, Ecuador. 2 Facultad de Ciencias Zootécnicas, Universidad Técnica de Manabí. Chone, Manabí, Ecuador.

EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE SOBRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS

Córdova I.A.[1*], Villa M.A.E.[2], Gómez V.A.[3], Bedolla C.C.[4], Olivares P.J.[5], Sánchez A.P.[6], Juárez M.A.L.[7] , Sánchez S-R[8] y Duarte M.I.[9]

[1]Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, D.F. [2]Facultad de Veterinaria. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [3]División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. [4]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán.
[5]Facultad de veterinaria. Universidad Autónoma de Guerrero. [6]Facultad de Veterinaria. Departamento de Farmacología. UAEM. [7]FMVZ-UNAM. [8]Departamento de Reproducción. INIA. Madrid, España.[9]Práctica privada.

Introducción

La producción de leche, que es dependiente de la gestación, inicia con el parto y en algún momento del ciclo productivo la gestación se superpone con la lactancia en curso, al menos, hasta que la vaca se seque en los dos meses previos al parto y en consecuencia, el inicio de la siguiente lactancia. En este sentido, la fertilidad es un componente crítico de la producción eficiente de leche, siendo de esta manera que la falta del mantenimiento y éxito de la gestación son las principales razones de las pérdidas de producción en los hatos lecheros (Pinedo *et al*., 2020).
La producción de leche y el desempeño reproductivo juegan un papel importante en la determinación de la rentabilidad de un hato lechero (Arbel *et al*., 2001). La reducción de la fertilidad en los sistemas lácteos intensivos se ha relacionado con la selección genética continua para aumentar la producción de leche a través de un balance energético negativo más severo alrededor del momento del parto. Por esta razón el manejo de las vacas para la lactancia prolongada puede ser una forma de resolver este problema, aunque el éxito de usar este método como sistema de manejo depende en gran medida de la capacidad de una vaca para mantener la producción de leche por día de alimentación y del registro de producción de leche, la cual se ve a menudo desafiada por los trabajadores ya que solo realizan registros mensuales, bimestrales o incluso no los hay (Lehmann *et al*., 2016). Además, de los aspectos reproductivos, existen otros factores a considerar que afectan la producción de leche.
El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de la producción de leche sobre el intervalo entre partos, días abiertos y servicios por concepción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Mediante revisión bibliográfica se valoró la producción de leche en vacas lecheras y efecto en intervalo entre partos, días abiertos y servicios por concepción.
Se utilizó revistas, libros y artículos científicos electrónicos, mediante base de datos como: BidiUAM, scielo, pubmed, Elsevier y revista mexicana de ciencias agropecuaria.

RESULTADOS

Córdova y Pérez en el 2005 en la base de datos scielo, realizaron un estudio dónde analizaron los registros, desde 1998 a 2003, del intervalo entre partos, días abiertos, servicios por concepción y producción de leche, con el objetivo de determinar la relación entre estos parámetros reproductivos y la producción de leche, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1 y 2. Según los datos obtenidos en los años a través de los años (1998, 2000, 2001 y 2003) la correlación entre los parámetros reproductivos y la producción lechera durante el año 1998, no presentó asociaciones, ni diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, para 1999, el intervalo entre partos presentó una leve asociación negativa (r = - 0.160) y con diferencias estadísticamente significativas (p = 0.038) y para 2002, el intervalo entre partos presentó una leve asociación positiva (r = 0.171) y con diferencias estadísticamente significativas (p = 0.031).

* *Dr. Alejandro Córdova Izquierdo. Calz. Del hueso 1110 Col. Villa Quietud C.P. 04960, Coyoacán, Ciudad de México. Tel. 9931747883 y 5554060498. acordova@correo.xoc.uam.mx.

Tabla. 1 Número de animales y promedio de los parámetros reproductivos y de producción de leche durante el periodo 1998-2003

Año	N° de animales	Prod de leche/día	servicios/concepción	Días abiertos	Intervalo /partos
1998	82	13.00	2.55	213.79	478.13
1999	111	12.00	2.50	208.1	480.78
2000	98	12.75	2.58	208.5	492.16
2001	97	13.50	2.49	209.92	474.66
2002	107	13.23	2.59	213.95	483.85
2003	43	12.50	2.51	199.56	479.05

Tabla 2. Correlación entre parámetros reproductivos y producción lecheras de las vaquillas durante el periodo 1998-2003

	R			P		
Año	**Serv/Concep**	**DA**	**INT/part**	**Serv/concp**	**DA**	**Int/part**
1998	0.069	0.025	0.067	0.536	0.822	0.548
1999	0.150	-0.021	-0.160	0.118	0.829	0.038
2000	-0.067	-0.026	-0.056	0.509	0.800	0.582
2001	-0.063	-0.021	-0.063	0.537	0.837	0.537
2002	-0.059	-0.022	0.171	0.545	0.826	0.031
2003	0.200	-0.056	-0.096	0.197	0.721	0.540

R= Coeficiente de Pearson **P**= Significancia estadística

La Roche *et al* (2019), recuperado de scielo, realizaron un estudio prospectivo histórico entre los años 2000 y 2013 con 434 708 registros del programa VAMPP Bovino 3.0. Se estimó el IPC para variables extrínsecas e intrínsecas de las vacas, teniendo como resultado que más del % de las vacas presentaron un IPC superior a 100 días; con un promedio general de 136,6 días (± 84,2). El IPC fue más alto en animales de la primera lactancia (142,0 ± 88,4 días) (P<0,001), El promedio del IPC fue más alto en vacas con parto distócico o cesárea (P < 0,001); igualmente, las de alta producción de leche (5900-10100 kg/305 d) fueron las de mayor IPC (141,5 d ± 80,8 d).

Tabla 3. Promedios del IPC para variables intrínsecas

Variable	Estrato	N	Casos	Media	D.E	%	ICE (95%)*
Producción leche - 305 días	Alta	157107	93909	141.5	80.8	59.8	59.5-60.0
	Mediana	121404	61479	129.0	82.8	50.6	50.4 - 50.9

*ICE = intervalo de confianza P valor =<0.0001

Como se observa en la tabla 3 el menor promedio de IPC lo presentaron las vacas con una producción media (4247-5899 kg/305 d), con un promedio de 129,0 días. Las de alta producción (5900-10100 kg/305 d) fueron las de mayor promedio (141,5 d ± 80,8 días). Asimismo, las vacas altas productoras presentaron un 59,8 % de casos de IPC > 100 días (IC95% 59,5-60,0), mientras que la menor proporción de casos se dio en las de producción baja (50,6 %; IC95 %: 50,4-50,9 %).
En Google Académico se obtuvo un estudio de Chaparro (2011), donde evaluados parámetros reproductivos y su relación con la producción leche, vacas Holstein con registros de una UPA lechera de los años 2001-2006, incluyendo sólo a las vacas que presentaron dos o más lactancias consecutivas durante el periodo de estudio, se obtuvo que 88 de las 90 vacas presentes en el predio entre los años 2001 a 2006 cumplieron con dicho criterio. El total de lactancias obtenidas fue de 391 lactancias, de las cuales 199 cumplían con los antes mencionado. Teniendo como resultado en un modelo de correlaciones lineales de Pearson no se encontró una asociación significativa entre L305 (Producción de leche estandarizada a 305 días) y las variables reproductivas. Se encontró que valores de p para las variables reproductivas y su efecto sobre L305 para Días abiertos DA (p=0,2070) (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios anuales de DA Y L305 entre los años 2001 y 2006.						
Variable	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2007**
L305	7656,7	7446,9	7336,9	8376,7	7670,4	3139,9
DA	--	81,9	117,2	103,2	119,8	117,0
Estaciones						
Variable		otoño-invierno		primavera -verano		
L305		8058,1		7721,5		
DA		114,9		110,9		
*Adaptado de Chaparro 2011						

Con relación al intervalo entre partos (IEP), en Google Académico se encontró la tesis de Frioni, (2012) en la cual se determinaron los componentes de varianza del IEP para calcular su heredabilidad y estimar la correlación con producción de leche a 305 días (L305) en 5 lactancias para rodeos lecheros de la raza Holando. Se obtuvieron las medias y desvíos estándar del IEP y L305 para la población y por lactancia (Tabla 5). El promedio del IEP obtenido para la población Holando analizada fue de 14,5 meses, mientras que la producción de leche a 305 días fue de 5343 kg. Las medias obtenidas por lactancia variaron de forma opuesta para cada característica, observándose una disminución del IEP promedio desde la lactancia 1 a la 5 y un incremento del promedio de producción en el mismo sentido. El coeficiente de correlación de Pearson obtenido para estas dos variables fue de 0.012, indicando esto una muy baja asociación fenotípica entre las variables.

Tabla 5. Promedio y desvío estándar de IEP y L305				
Lactancia	**Variable**	**Núm. de observaciones [1]**	**Media**	**Desvío Estándar**
1	IEP	106673 (41)	14,8	3,3
	L305	106673	4794	1173
2	IEP	65383 (25)	14,3	3,1
	L305	65383	5497	1275
3	IEP	43889 (17)	14,1	3,1
	L305	43889	5784	1316
4	IEP	26971 (10)	14,1	3
	L305	26971	5868	1332
5	IEP	14919 (6)	14,1	2,9
	L305	14919	5907	1350
Promedio	**IEP**	**257835**	**14,5**	**3,2**
Poblacional	**L305**	**257835**	**5343**	**1380**
[1] Los valores entre paréntesis corresponden al porcentaje de la población total.				

Discusión

En México la producción lechera se desarrolla bajo condiciones diversas, mismas que dependen de factores como el nivel socioeconómico de los productores, las tecnologías disponibles, la región donde se localiza la unidad de producción animal, las condiciones climatológicas y el manejo del ganado; las cuales repercutirán directamente en la producción láctea (Martínez *et al*., 2016). Aunado a esto, existen factores que influyen en la reproducción como el confort de las instalaciones, el manejo implementado desde que son becerras hasta su primera inseminación y los programas de nutrición (Rodríguez *et al*., 2008). Si no se atienden estos aspectos y se ve afectado el confort de las hembras, es muy probable que se genere un desequilibrio fisiológico reproductivo provocado por el estrés al que son expuestas (Lucy, 2001).

Anteriormente, autores como Boyd *et al.* (1954), consideraban que no había relación entre el nivel alto de producción de leche con la fertilidad de la vaca. Sin embargo, en estudios realizados después de los años 90's, como el de Nebel y McGillard, 1992 han reportado resultados negativos en el nivel

de producción de leche y el comportamiento reproductivo, principalmente en la disminución de la actividad ovárica.
Los indicadores productivos están expuestos a cambios constantes y es imposible predecir estos cambios sin un programa de manejo adecuado, es importante tener en cuenta todos los aspectos concernientes al mismo; por ejemplo, las estrategias de manejo alimenticio que están estrechamente relacionadas e impactan directamente al nivel de producción (Oleggini *et al*., 2001).
En cuanto a los datos de días abiertos estudiados por Córdova y Pérez (2005), no existieron asociaciones significativas entre este rubro y la producción de leche por día, sin embargo, es notable que cuando es mayor el número de días abiertos hay más producción de leche, posiblemente esta falta de efecto significativo se deba a que a mayor número de días abiertos aumenta la producción por lactancia, pero es menor el promedio de leche por vaca por día (Valázques y Hernández, 2008), en otras palabras la falta de asociación entre días abiertos y producción de leche por día, se debe a que solo se consideró la producción por día pero no por la lactancia total.
Los resultados observados en el estudio de La Roche *et al.,* (2019) demuestran que las variables intrínsecas y extrínsecas se relacionan a la existencia de múltiples factores que pueden afectar los días abiertos; por ejemplo en vacas primerizas la falta de madurez reproductiva y a errores de manejo que pueden repercutir en este parámetro, tal como un inadecuado manejo de la dieta de transición, la detección de celo, alta producción láctea, etc. Los altos niveles de producción láctea conllevan a un alto estrés metabólico, que afecta de forma directa el balance energético del animal (Buckley *et al.* 2003).
La relación entre las vacas altas productoras y la disminución de la fertilidad, expresada en aumento de problemas reproductivos y alteración de tasas de desempeño reproductivo, se relaciona a causas multifactoriales; a medida que aumenta la producción individual de leche, disminuye la tasa de concepción. Por ello se incrementan los D.A, como resultado de los cambios en el metabolismo de la vaca lactante recién parida, y este suceso está estrechamente relacionado con el balance energético negativo (Lucy 2001; Aungier *et al*., 2014).
Los resultados obtenidos por Chaparro (2011), en cuanto al promedio obtenido en los resultados de D.A. con relación a las estaciones, difiere en algunos estudios los cuales mencionan que la duración de los DA en vacas Holstein es principalmente medioambiental, asociado a períodos de altas temperaturas con DA más prolongados debido al estrés térmico que afecta a las vacas lecheras en períodos estivales. además, algunas patologias como los quistes foliculares, las infecciones uterinas y los abortos, hacen contribuciones de menor importancia para los DA totales del rebaño por este motivo se concluyó que la mayoría de los problemas reproductivos del rebaño fueron debidos a defectos de manejo más que a la aparición de defectos fisiológicos de las vacas. Considerando que los D.A. es un parámetro importante para conocer la fertilidad de en las unidades de producción, este factor puede ser afectado por múltiples factores como por ejemplo, el nivel de producción, el parto y las técnicas de inseminación artificial empleada (Oseni *et al*., 2003).

Para poder explicar por qué los resultados del efecto de la producción de leche (en cuanto a volumen) sobre el número de servicios por concepción encontrados por Niozas *et al.* (2019) y por Němečková *et al*. (2015) no mostraron diferencias significativas, en comparación con los hallados por Borkowska *et al*. (2012), debe considerarse que los primeros trabajos homogeneizaron a sus grupos en una misma lactancia, mientras que el segundo manejó grupos en diferentes lactancias. Según Cielava *et al*. (2017), el número de servicios por concepción tiende a incrementar en cada lactación, ya que existe un aumento en la productividad de leche en diferentes lactaciones, por lo tanto, el efecto del aumento del número de servicios por concepción es dependiente al número de lactaciones más que al efecto del volumen producido en si mismo. De la misma manera, Brzozowsky *et al*. (2018), concuerdan que las vacas multíparas, que han cursado por distintas lactaciones, tienen mayores servicios por concepción, sin embargo, consideran que hay un efecto importante en cuanto a las instalaciones y el sistema de ordeño utilizado, siendo así que en sistemas tradicionales de ordeño (Primíparas = 1.84 SPC ; multíparas = 2.45 SPC) puede encontrarse un mayor número de servicios por concepción en comparación con los sistemas tecnificados (Primíparas = 1.82 SPC; multíparas = 2.32 SPC). Finalmente, para la duración de la lactancia y las altas producciones de leche, con su efecto sobre el aumento en los servicios por concepción, Borkowska *et al*. (2012) menciona que podría ser la consecuencia de una carga metabólica excesiva sobre las vacas de alto rendimiento y

a su vez significa que el tracto reproductivo de la vaca no está adecuadamente preparado para la implantación de un embrión, en los siguientes servicios, a pesar de los signos clínicos de celo.

Conclusión

En conclusión, la producción de leche en mayor o menor medida afecta al rendimiento reproductivo, y tiene repercusión en los tres parámetros reproductivos evaluados (DA, IEP y SSC), como se ha demostrado en el presente trabajo. Sin embargo, hay que resaltar que la producción de leche es dependiente de muchos factores (raza, ambiente, manejo, alimentación, etc).

Literatura citada

Arbel R.; Bigun Y.; Ezra E.; Sturman H.; Hojman D. 2001. The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. Journal of dairy science 84(3): 600-608.

Borkowska D.; Piatek D.; Janus E.; Mucha J. 2012. Fertility indices of cows in a high-yielding herd. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego 8(3): 21-29

Boyd, L. J.; Seat, D. M.; Olds, D. 1954. Relationship between level of milk production and breeding efficiency in dairy cattle. J. Anim. Sci 13:89-93.

Brzozowski, M.; Piwczyński, D.; Sitkowska, B.; Kolenda, M. 2018. The impact of installation of automatic milking system on production and reproduction traits of dairy cows. Reproduction in Domestic Animals 53(5): 1123-1129.

Buckley, F.; O'Sullivan, K.; Mee, J.F.; Evans, R.D.; Dillon, P. 2003. Relationships Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-Calved Holstein-Friesians. J. Dairy Sci 86(7): 2308–2319.

Chaparro, H.LC.2011.Evaluación de parámetros de fertilidad y su relación con la producción de leche en un predio de la provincia de Ñuble entre los años 2000 - 2006 Tesis para titulación .Chile,Universidad de concepción.

Cielava, L.; Jonkus, D.; Paura, L. 2017. Number of services per conception and its relationship with dairy cow productive and reproductive traits. Research for Rural Development 2: 67-73.

Córdova, I. A. y Pérez, G. 2005. Relación Reproducción-Producción en vacas Holstein. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 6 (2): 1-4.

Frioni G. N. 2012. Estimación de heredabilidad del intervalo entre partos y su correlación genética con producción de leche en ganado holando uruguayo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Tesis de licenciatura. Montevideo, Uruguay. 1-73.

La Roche, A.; Vargas, B.; Camacho, J.; Castillo, G.; Romero, J.J. 2019. Intervalo parto-concepción en ganado lechero especializado de Costa Rica. Revista de ciencias veterinarias 37(1): 27-45.

Lehmann J.O.; Fadel J.G.; Mongesen L.; Kristensen T.; Gaillard C. y Kebreab E. 2016. Effect of calving interval and parity on milk yield per feeding day in Danish commercial dairy herds. Journal of Dairy Science. 99(1): 621-633.

Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in high-producing dairy cattle: where will it end? J. Dairy Sci 84: 1277-1293.

Němečková, D.; Stádník, L.; Čítek, J. 2015. Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in Holstein cows. Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka 65(4): 243-250.

Nebel, R. L y McGilliard, M. L. 1992. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. J. Dairy Sci. 76: 3257-3268.

Niozas, G.; Tsousis, G.; Steinhöfel, I.; Brozos, C.; Römer A.; Wiedemann, S.; Bollwein, H.; Kaske, M. 2019. Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements. Journal of dairy science 102(1): 799-810.

Oleggini, G. H.; Ely, L. O.; Smith, J.W. 2001. Effect of Region and Herd Size on Dairy Herd Performance Parameters. J. Dairy Sci. 84: 1044-1050

Oseni, S.; Misztal, I.; Tsuruta, S.; Rekaya, R. 2003. Seasonality of days open in US Holsteins. Journal of dairy science 86(11): 3718-3725.

Pinedo P.; Santos J.E.P.; Chebel R.C.; Galvao K.N.; Schuenemann G.M.; Bicalho R.C.; Gilbert R.O.; Rodriguez Z. S.L.; Seabury C.M.; Rosa G. y Thatcher W. 2020. Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival in Holstein cows. Journal of Dairy Science. 103(7): 6647-6660.

Rodriguez, M. H.; Hultgren, J.; Bage, R.; Bergqvist, A. S.; Svensson, C.; Bergsten, C.; Lidfors, L.; Gunnarsson, S.; Algers, B.; Emanuelson, U.; Berglund, B.; Andersson, G.; Haard, M.; Lindhe, B.; Stalhammar, H.; Gustafsson, H. 2008. La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción: ¿Es sostenible con las prácticas de manejo actuales? Reviews in Veterinary Medicine. International Veterinary Information Service.

Velázquez, M. M. y Hernández S. J. R. 2008. Evaluación de la eficiencia reproductiva y reproductiva de vaquillas Holstein Friesian importadas a la comarca lagunera, México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 3(1): 91-105.

COMPOSICIÓN PRODUCTIVA DE UNA LECHERÍA FAMILIAR

Córdova I.A.[1*], Villa M.A.E.[2], Gómez V.A.[3], Bedolla C.C.[4], Olivares P.J.[5], Sánchez A.P.[6], Juárez M.A.L.[7] y Sánchez S-R[8]

[1]Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, D.F. [2]Facultad de Veterinaria. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [3]División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. [4]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán.
[5]Facultad de veterinaria. Universidad Autónoma de Guerrero. [6]Facultad de Veterinaria. Departamento de Farmacología. UAEM. [7]FMVZ-UNAM. [8]Departamento de Reproducción. INIA. Madrid, España.

INTRODUCCION

De acuerdo a Gasque y Blanco (2004), los sistemas de producción de leche a nivel nacional, van desde los tecnificados hasta los de subsistencia, pero de forma general y de acuerdo al grado de tecnificación se distinguen cuatro tipos.

Si bien existen ranchos grandes y modernos (La Laguna, los altos en Jalisco, algunas granjas altamente tecnificadas en estados como Baja California o Querétaro), encontramos también unidades explotadas de manera familiar, con menor o nulo desarrollo tecnológico.

La caracterización tiene la finalidad de agrupar a los sistemas de producción (SP) que operen de la misma manera; los SP y aspectos socioeconómicos de los productores son los criterios en que se basa la caracterización de los mismos (Dourejeanni, 2000).

Es por esto que podemos definir las cuatro diferentes modalidades de producción de leche de acuerdo con su nivel tecnológico: especializado; semi-especializado, doble propósito y el familiar o de traspatio. Al primero corresponde 50.6% de la producción total de leche, mientras que el estrato familiar representa 9.8% del total de la leche producida; por su parte el de doble propósito aporta el 18.3%; en tanto que el nivel semi-especializado sólo produce 21.3% (SAGARPA, 2004).

La importancia del sistema de producción familiar se fundamenta en su participación en la oferta nacional de leche, así como de la generación de empleo e ingresos para un gran número de familias campesinas, por lo que se convierte en una alternativa de desarrollo agropecuario. La dependencia del trabajo familiar es una característica distintiva de los sistemas de lecheros semi-especializados y familiares.

Las unidades productoras familiares no consideran a la producción láctea como la principal fuente de ingresos, es mejor dicho, un complemento a su actividad agrícola, mientras que los grandes establos dedican toda la tierra agrícola a producir forrajes. Es decir, el autoconsumo es uno de los objetivos importantes de la producción en los establos pequeños, no así en los sistemas especializados (Chalate *et al*., 2010)

En los sistemas familiares las construcciones son extremadamente rudimentarias y el ganado, por lo general, está en un corral detrás del hogar; la ordeña es manual y las estrategias de alimentación pueden variar aún entre las comunidades de una misma región, incluyendo el pastoreo de restos de cultivos y agostadero, utilización de sub-productos locales, compra de concentrados, pasturas y cultivos forrajeros. Con respecto a la producción láctea en los sistemas de traspatio y doble propósito tienen un promedio de 6 litros al día por vaca con un periodo de ordeña de 210 días, lo que hace una producción anual por vaca de 1,260 litros (SIAP, 2008).

Existen evidencias de que la producción de leche y la actividad reproductiva están claramente relacionadas de una forma antagónica (tanto genética como fenotípica); es decir, la mayor producción de leche se asocia con una disminución de la eficiencia reproductiva (Rodríguez y Martínez, 2010).

La actividad productiva y reproductiva de la ganadería familiar se afecta por factores que son complicados de mejorar por el productor. Algunos de estos que ocasionan baja productividad en el ganado de leche los constituyen: la avanzada edad al primer parto, los prolongados intervalos entre

* *Dr. Alejandro Córdova Izquierdo. Calz. Del hueso 1110 Col. Villa Quietud C.P. 04960, Coyoacán, Ciudad de México. Tel. 9931747883 y 5554060498. acordova@correo.xoc.uam.mx.

partos y los bajos rendimientos diarios. Otros factores que también afectan el rendimiento lechero y el IEP son: la raza, la época del año y el manejo del hato (Pino *et al*., 2009).

La eficiencia reproductiva constituye un conjunto de medidas, expresadas en parámetros reproductivos de beneficio rentable, mientras que la ineficiencia reproductiva comprende uno de los problemas más costosos que enfrenta la ganadería lechera.

Uno de los principales factores que afectan la eficiencia reproductiva es la muerte embrionaria temprana. Las causas de la muerte embrionaria son diversas y están relacionadas con la alta producción láctea, intervalo de parto a la primera ovulación, balance energético negativo, problemas del puerperio, momento de la inseminación, técnica de inseminación, características de la dieta, estrés calórico, infecciones uterinas y factores genéticos (Llúen, 2009).

Los factores asociados a la unidad de producción animal UPF, época y año de parto dependen de las variaciones en las prácticas de manejo, mejoras técnicas y las variaciones ambientales, afectando éstas en mayor o menor medida la producción de leche.

El estado de México e Hidalgo han sido siempre regiones lecheras importantes debido a su cercanía al principal centro de consumo, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, registrando un crecimiento promedio de 1.1 y 2.9% para este periodo se encuentran en el séptimo y octavo lugar en la producción de leche (INEGI, 2000).

La producción lechera en Hidalgo está concentrada principalmente en tres de los seis Distritos de Desarrollo Rural que conforman el Estado, los cuales en su conjunto aportan el 97% de la producción del estado, Pachuca, Tulancingo y Mixquiahuala. En cada uno de los distritos existe gran variedad en el sistema de producción de las explotaciones lo que hace realmente interesante el análisis de cada uno de estos, se puede ubicar como tres regiones o cuencas de producción lechera, cuenca de Tizayuca, Valle del Mezquital y Valle de Tulancingo (Cesín *et al*., 2007).

Dentro de los aspectos de manejo reproductivo, el uso de la inseminación artificial (IA) es una de las herramientas para el mejoramiento genético, se usa en el 65.90% de las explotaciones lecheras en el Estado de Hidalgo. De este porcentaje, el 53.18% corresponde a tecnología intermedia y 12.72% a productores con tecnología alta. El tipo de alimentación en los sistemas de producción con tecnología baja se fundamenta en el pastoreo y en forrajes de mala calidad; ya que cerca del 50% de este tipo de productores lo realiza (Espinosa *et al*., ,2010).

En lo referente a apoyos recibidos por parte del gobierno federal o estatal se detectó que los productores con tecnología baja no reciben apoyo y que en cambio más del 40% de los productores con tecnología media y alta si la reciben (SAGARPA-Hidalgo, 2008).

Cabe mencionar que a nivel nacional el Estado de Hidalgo participa con el 4.4% y su producción anual supera con 460.7 millones de litros de leche en el 2007. El precio promedio por litro de leche se cotizó en $3.91 pesos por litro y el valor de la producción fue de $1, 802, 635 millones de pesos (SIACOM, 2008).

El consumo semanal de leche por familia se presenta en cuadro 1, en el que se observa que el mayor consumo se presenta en la zona urbana, en contraste con la zona rural que es más reducido conforme era mayor el número de integrantes por familia.

Cuadro 1. Consumo semanal de leche por familia en promedio en las zonas urbana y rural en el estado de Hidalgo.

No. De integrantes por familia	(L de leche/familia)	
	Zona urbana	Zona rural
1 a 3	7.6	4.7
4 a 6	10.7	6.5
7 a 10	11.8	9.2

INIFAP, 2007.

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización socioeconómica y productiva de una la lechería familiar de bovinos de lecheros en el Estado de Hidalgo, México.

MATERIAL Y METODOS

El Trabajo se realizó en el municipio de Nopala de Villagrán, en la comunidad de Dañú, Hidalgo, México (INEGI, 2005). La población total de Dañú es de 336 personas, de cuales 175 son hombres y 161 mujeres.

Existen en total 105 hogares, de éstos 100 viviendas, 6 tienen piso de tierra y 5 consisten de una sola habitación. (INEGI, 2010).

La caracterización de las UPF (unidades productoras familiares) abarcó la descripción general de un conjunto de 12 explotaciones. La selección de las unidades de producción se realizó considerando dos criterios: ubicación geográfica y número de animales. Para el primer caso se dividió al municipio en tres subregiones: norte, centro y sur, seleccionándose las del norte y centro, por presentar condiciones agroecológicas similares a diferencia de la subregión sur cuya distancia es mayor a fuentes naturales acuíferas y su relieve es más pronunciado que el resto. Para el segundo criterio, se seleccionaron unidades de producción de pequeños productores que mantenían una cantidad menor o igual a veinte animales, con explotaciones destinadas a la producción láctea. El instrumento de recolección para obtener la información de los productores se basó en una encuesta semiestructurada constituida de preguntas abiertas y cerradas relacionada con los aspectos socioeconómicos y productivos de cada explotación, para identificar: generalidades, manejo de la unidad productiva, instalaciones, mano de obra, genética, reproducción, ordeño, alimentación, sanidad animal y comercialización; así como preguntas para determinar la percepción de los productores sobre los principales problemas, beneficios, oportunidades y amenazas de la producción láctea del tipo familiar. Esta caracterización de realizó mediante la descripción de algunos aspectos que se relacionan con el sistema de producción:

- El productor y sus características: abarca aspectos como la edad, el nivel de escolaridad y su experiencia como productor.
- Tamaño del hato: se asocia a la cantidad de vacas en el establo, el número de vacas en ordeño y el volumen de producción de leche diaria.
- Instalaciones: se evaluó la disponibilidad de las instalaciones para la actividad ganadera, tales como corrales, comederos, bebederos, sombras.
- Mano de obra: se consideró el número de personas y si es familiar o contratada.
- Manejo: se observaron aspectos como el número de ordeños al día, uso de registros y división por etapas fisiológicas.
- Calidad del hato: se tomó en cuenta el indicador de litros de leche por vaca en ordeño al día.
- Sanidad: para la evaluación de este criterio se establecieron tres categorías de desempeño: deficiente, intermedio y bueno; de acuerdo a los siguientes elementos: higiene y calendario de inmunización.

Reproducción: utilización de IA (inseminación artificial) o monta natural.

Alimentación: se clasifico en dos grupos de acuerdo al consumo (forraje y forraje + concentrado).

Se realizaron visitas a las UPF en fechas determinadas, los datos obtenidos fueron tomados durante el período mayo-julio del 2011.

RESULTADOS

Tabla 1. Aspectos evaluados en las Unidades Productoras Familiares en el Municipio de Dañú, Hidalgo.

Variable	Descripción	Frecuencia
Edad del productor	Menor a 45 años	41.6%
	– 60 años	25%
	Mayor a 60 años	33,4%
Escolaridad	Primaria	66.6%
	Secundaria	25%
	Capacitación técnica	8.4%
Dedicación	Menor de 5 días/Semana	16.6%
	Mayor de 5 días/Semana	83.4%
Mano de obra	Familiar	83.4%
	Contratada	16.6%

Tamaño del hato	Menor a 10 animales	58.4%
	Mayor a 10 animales	41.6%
Producción promedio de leche (lt/día)	5 – 10 lts.	58.4%
	11 – 20 lts.	33.2%
	Mayor a 20 lts.	8.4%
Ordeños/ día	2	100%
Registros	No llevan	100%
Manejo reproductivo	Monta natural	25%
	IA	75%
Intervalo entre Partos (IP)	380 – 400 días	16,6%
	401 – 420 días	50%
	Más de 420 días	33,4%
Días Abiertos (DA)	100 – 120 días	25%
	121 – 140 días	41,6%
	Más de 140 días	33,4%
Número de servicios por concepción (NSPC)	1,2 – 1,5	25%
	1,6 – 2	75%
Alimentación	Forraje	66.6%
	Forraje + [ ]	33.4%
Sanidad	Calendario de Inmunización	0 %

En la Tabla 1 se muestran los factores de procesamiento que se dan en este tipo de sistema de producción, el cual es manejado por productores que en su mayoría 41% no rebasan los 45 años de edad, donde el nivel de escolaridad fue de un 66% para la educación primaria y solo el 8% tiene una capacitación técnica. La mano de obra de mayor importancia es la familiar con más del 80% de los productores encuestados, influyendo en la dedicación de días por semana. El mayor porcentaje con respecto al número de animales por UPF fue 58% que corresponde a un valor menor a diez animales. En lo referente al manejo productivo, reproductivo y de sanidad el 58% de las encuestas describen un valor de producción láctea menor a 10 litros por día, en donde el 100% de las producciones realiza dos ordeños por día. El 75% de los productores llevan a cabo la inseminación artificial y ninguno utiliza los registros como herramienta de producción. El manejo reproductivo presenta los porcentajes más elevados con 33% en el valor del intervalo entre partos para 420 o más días, en un 75% de 1,6 a 2 números de servicios por parto y los días abiertos con índices de 120 – 140 días fueron el porcentaje mayoritario con un 41% y por último cabe destacar que el 0% de las UPF lleva un calendario de inmunización.

Tabla 2. Número de animales y promedio de los parámetros reproductivos y de producción de leche.

Productor	Número de animales	Producción de leche al día	Días abiertos	Intervalo entre partos	Número de servicios por concepción
Pablo Resendíz	5	20,8	119	402	1,2
Miguel Manzano	20	19,6	106,3	383,5	1,5
Martín Resendíz Zamudio	2	19,5	125	405	1,6
Ángel Manzano	10	18,7	132,5	411,5	1,5
Francisco Manzano	11	12,5	128,8	408,8	2
Álvaro Resendíz	12	9,3	140,6	420,7	2
Guillermo Resendíz	8	9,2	129	408,5	2
Luis Basurto	11	7,4	148,5	428,1	2
Herminio Ramírez	6	7,3	140,8	420,8	1,8

Pedro Resendíz	8	6,8	109,4	389,4	2
Alfredo García	8	6,6	150,8	427,1	2
Adelaido Resendíz	10	5,9	137,5	415,1	2

Tabla 3. Correlación entre parámetros reproductivos y producción láctea

Variables	R	P
IEP – PL	-0,52	0.07
DA – PL	-0,53	0.06
S/C – PL	-0,89	0.0001

R: Coeficiente de correlación de Pearson; P: Significancia estadística

La correlación entre los parámetros reproductivos y la producción lechera presentaron medias asociaciones negativas para el IP r = -0,52 y para los DA r = -0,53; una alta correlación negativa r = -0,89 para el valor de S/C.

Discusión y conclusiones

La asociación que se encontró entre la producción lechera y el intervalo entre partos fue negativa, mismo resultado obtuvo Córdova et al. 2005 y se da por entendido que el promedio elevado de dicho parámetro 410 días fue el factor que influyó, Espinosa et al. 2010 menciona que el IEP en una producción es de 387 días como mínimo y como máximo describe valores de hasta 492 días, Córdova et al. 2005 menciona unos rangos de entre 478.13 a 492.16 días; en este escrito se encontraron variables muy marcadas que van desde 383.5 a 428.1 que al igual que los días abiertos se prolongan en demasía por el desconocimiento de técnicas adecuadas para la reproducción y por la falta de apoyos gubernamentales.

El promedio de todas las UPF en servicios por concepción y días abiertos fue elevado, 1,8 y 130,6 días, respectivamente, posiblemente fue por esta situación que no se presentaron asociación con la producción lechera. En cuanto a los servicios por concepción Córdova et al. 2005 y Espinosa et al. 2010 difieren en sus rangos que nos mencionan, el primero describe rangos desde 2.49 a 2.58 y el segundo 1.3 a 1.6, en este estudio se encontraron rangos desde 1.2 a 2, debido a esto posiblemente no se presentó asociación con la producción lechera. Rodríguez y Martínez 2010 mencionan que en promedio los (DA) de un hato son de 148 días el más elevado y 129 el más bajo; mientras que en este estudio se encontraron variables desde 106 días el menor y 151 el mayor; esto podría deberse a que en dicha comunidad los productores no llevan a cabo el uso de registros, lo que provoca un mal manejo reproductivo. Vilaboa y Díaz 2009 obtuvo en sus resultados un promedio de edad en los productores de 53 +/- 13 años y comparado con la edad encontrada en esta evaluación en el cual el mayor porcentaje de los productores es menor a 45 años de edad. Rodríguez y Martínez 2010 describen que el mayor grado de escolaridad de los productores es de primaria mismo resultado obtenido en este estudio. Vilaboa y Díaz 2009, menciona que la mano de obra utilizada en el manejo de la producción era 40% del tipo familiar, 40% eventual y un 20% permanente, en comparación con el estudio actual se encontraron porcentajes más elevados dentro de la mano de obra familiar con un 84% contra el 16% de mano de obra contratada. Vilaboa y Díaz 2009 describe que el 88% de los ganaderos participan en campañas sanitarias, contrario al 0% encontrado en dicho estudio. Con respecto a la producción láctea Rodríguez y Martínez 2010 encontraron rangos que varían desde 2,5lts hasta una producción máxima de 10lts un resultado similar al descrito en este trabajo con variables desde 5,9lts a 20,8 lts en promedio al día.

En conclusión, el mal manejo, el no uso de registros y el desconocimiento de las biotecnologías por parte de los productores reducen de gran forma la viabilidad de una producción lechera del tipo familiar y perjudican la descripción objetiva de una unidad productora familiar.

Literatura citada

Chalate, H., Gallardo, F., Pérez, P. 2010 Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. Zootecnia Trop; 28 (3): 329-339.

CNA. 2008. Compendio Estadístico de Sector Agroalimentaria, 1996-2006. Dirección de Estudios Económicos. México, D.F.

Espinosa, G., Gonzales, O., Luna, E., Cuevas, R., Moctezuma, L., Góngora, G., Jolalpa, B. y Vélez, I. 2010. Administración de ranchos pecuarios con base en el uso de registros técnicos y económicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal. Cuajimalpa, D.F. Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, con datos de SIACON , 2008

Gasque, G., y Blanco, O. 2004. Sistema de producción animal I, Volumen 1. Bovinos. 2ª ed. México. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México.

González, R. 2007. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática. INEGI. Censo Agropecuario 2005. Disponible en línea: www.inegi.gob.mx (julio 7, 2011)

Pino, T.; Martínez, G.; Galíndez, R.; Castejón, M.; Tovar, A. 2009. Efecto del grupo racial y algunos factores no genéticos sobre la producción de leche e intervalo entre partos en vacas de doble propósito. Rev. Fac. Cs. Vets. UCV, 50:93-104.

SAGARPA. 2004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004. Coordinación General de Ganadería.

Vilaboa, J., y Díaz, P. 2009 Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. Zootecnia Trop. 27(4): 427-436.

Rodríguez, Y., y Martínez G. 2010 Efecto de la Edad al Primer Parto, Grupo Racial y Algunos Factores Ambientales sobre la Producción de Leche y el Primer Intervalo entre Partos en Vacas Doble Propósito Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal. Apdo. Postal 4579, Maracay, estado Aragua, Venezuela Rev. Fac. Cs. Vets. UCV. 51(2):79-91.

RESPUESTAS REPRODUCTIVAS DE VAQUILLAS BRAHMAN BAJO SUPLEMENTACIÓN DE PROGESTERONA POST-IATF

Picasso O.S.[3], Hernández M.J.A. [1], Meléndez S.R.M.[2], Padilla F.J.[5], Barajas S.C.E.[4], Prado R.O.F.[3], García C.A.C.[3], Hernández R.J.A.[2*].

[1]Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guanajuato.
[2]Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima.
[4]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima.
[5]Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

Resumen

Con el propósito de evaluar el efecto de suplementación de progesterona post-inseminación artificial a tiempo fijo (**IATF**) sobre las respuestas reproductivas de vaquillas Brahman, 30 animales fueron distribuidos aleatoriamente a uno de tres tratamientos: **Testigo** (n=10), sin suplementación de progesterona (**P_4**); **CIDR-N** (n=10), con suplementación de P_4 vía dispositivo intravaginal nuevo; **CIDR-U** (n=10), con suplementación de P_4 vía dispositivo intravaginal usado. Previamente, animales sanos y una condición corporal de 4±0.25 fueron considerados para ser elegibles. Todos los animales estuvieron bajo el mismo régimen alimenticio a base de forraje y agua *ad libitum*. El estudio tuvo una duración de 24 d. El protocolo de sincronización consistió en colocar un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (**CIDR**) y administrar cipionato de estradiol (**ECP;** d -10). Luego, se administró prostaglandinas (**PGF2α**; d -3). Al día -2, se retiró el CIDR y se administró ECP. Finalmente, se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo (**IATF**; d 0). Luego, los días 4, 9 y 14 post-IATF fueron colectadas muestras de sangre para obtener suero sanguíneo para el análisis de P_4. Todos los análisis estadísticos fueron hechos mediante procedimientos del programa estadístico SAS. La tasa de detección del estro fue del 100%. Mientras que la concentración sérica de P_4 fue mayor ($P<0.05$) en el grupo CIDR-N, con respecto al grupo testigo, pero similar ($P>0.05$) que CIDR-U. Finalmente, se detectó un incremento significativo ($P<0.05$) entre los días de suplementación post-IATF. El uso de CIDR nuevo y usado puede ayudar a incrementar la concentración de P_4 sérica de vaquillas Brahman post-IATF.

Introducción

Los sistemas intensivos, las instalaciones artificiales, el hacinamiento o incremento del hato o producción de leche, la reducción de la mano de obra por automatización de los procesos, así como factores ambientales que perjudican la tasa de partos al año, expresión del estro y concepción en el ganado (Ambrose *et al.,* 2010). A pesar de ello, la tasa de concepción puede mejorarse mediante técnicas de reproducción asistida, tal como la inseminación artificial a tiempo fijo (**IATF**). Sin embargo, la ovulación inducida en los protocolos de IATF puede resultar en la ovulación de folículos pequeños y formar un cuerpo lúteo (**CL**) disfuncional, es decir, que podría sintetizar niveles bajos de progesterona (**P_4**) que repercuta en mayores pérdidas de la preñez (Friedman *et al.,* 2012). De hecho, dichas pérdidas de la preñez están altamente relacionadas con la muerte embrionaria temprana, ya que llegan a morir hasta el 50 % (Sartori, 2002; Macías & Cedeño, 2014). Por otra parte, muchos de estos animales retornan al estro a los 21 días después, es decir que las muertes embrionarias se originaron antes del día 17, entre la inseminación y el reconocimiento de la preñez (Schrick, 2001). El uso de un dispositivo intravaginal (**CIDR**) impregnado de P_4 en vaquillas, resulta eficaz para reducir el intervalo entre partos y estabilizar el ciclo estral, sin embargo, también puede ayudar a incrementar la concentración de P_4 sérica post inseminación (Dhami *et al*., 2015). De hecho, se ha reportado una correlación positiva entre P_4 e interferón-tau (**INT-t**) durante el día cuatro y 17 post-inseminación, es decir, que a mayor concentración de P_4 al día 4 post-inseminación, mayor concentración de INT-t al día 17 para el reconocimiento de la preñez e inhibición de las

prostaglandinas (**PGF2α**; Monteiro *et al*., 2014). Entonces, una suplementación a base de CIDR post-inseminación puede ser una excelente opción para incrementar las concentraciones de P_4 sérica y mejorar la tasa de concepción en el ganado (Rodríguez-Martínez *et al*., 2018). En un estudio realizado en vacas de carne, administraron P_4 como suplemento cuatro días después de la IATF y se reportaron concentraciones séricas de P_4 similares entre CIDR nuevo y usado (Solórzano *et al*., 2008). En ese mismo estudio, se reportó un remanente de 1.1 g de P_4 en el CIDR usado, lo cual abre una posibilidad de reutilización. Por otro lado, Correa-Calderón *et al.* (2021) reportaron en el grupo con CIDR un incremento del 30 % en la concentración sérica de P_4, con respecto al grupo sin CIDR, entre los días 4 y 14 post-IATF. En consecuencia, se reportó un incremento de 79 % en la tasa de concepción de vaquillas suplementadas con CIDR, respecto a vaquillas sin suplementación. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de suplementación de progesterona post-IATF con CIDR nuevo y usado sobre respuestas reproductivas de vaquillas Brahman.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un rancho comercial dedicado a la recría de ganado de carne, ubicado en el municipio de Comala, Colima (19°20´ 24´´ N, 103°44´ 41´´ O). El rancho cuenta con dos corrales (20 x 20 m, cada uno) sin sombra y bebederos al centro, unidos a una manga con prensa de manejo provista de sombra. Durante el tiempo del protocolo, los animales fueron movilizados de la zona de pastoreo al área de manejo reproductivo. El clima es tropical, es decir cálido subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas máximas y mínimas de 40 y 19°C, respectivamente. Una precipitación pluvial media es de 1040 mm/año, respectivamente (García, 1985). El estudio tuvo una duración de 24 d. Treinta animales fueron distribuidos aleatoriamente a uno de tres tratamientos: **Testigo** (n=10), sin suplementación de P_4; **CIDR-N** (n=10), con suplementación de P_4 vía dispositivo intravaginal nuevo; **CIDR-U** (n=10), con suplementación de P_4 vía dispositivo intravaginal usado. Los CIDR-U, fueron usados previamente en vaquillas bajo el mismo protocolo de IATF, una vez retirado el CIDR, fueron lavados con agua corriente para eliminar los restos sólidos de suciedad y se esterilizaron en autoclave por 30 min. Para el estudio se usaron animales clínicamente sanos y condición corporal de 4 ± 0.25de 4 (CC; escala de 1=emaciado a 5=obeso; Richards *et al.,* 1986). Todos los procedimientos utilizados fueron aprobados por el Comité de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima (Acta de evaluación: No. 002/2022). Por lo tanto, 30 vaquillas Brahman de 2.5 años estuvieron sometidas a un sistema de producción extensivo, con agua *ad libitum* y mismo régimen alimenticio a base de pasto Insurgente y Santo Domingo (*Brachiaria brizantha* y *Cynodon aethiopicus*). También, fueron sometidas a un programa de sincronización del estro a base de P_4 (**Figura 1**; Ambrose *et al.,* 2005). Durante el inicio del estudio (-10 d) se colocó un CIDR impregnado con 1.9 g de progesterona (Zoetis) y se administró una primera dosis de 0.5 mg de cipionato de estradiol (**ECP**; Zoetis). Adicionalmente, se usó un equipo portátil de ultrasonido transrectal (Draminski iScan) para determinar la ciclicidad de las vaquillas a través de la actividad ovárica, es decir, que se observó la presencia de un CL el cual fue del 60 %. De hecho, se consideró que, de observarse un folículo mayor a 10 mm, éste debería ser reemplazado por un CL el día -3, donde se administraron 25 mg de dinoprost trometamina (Zoetis) para inducir la luteólisis (Bruno *et al.,* 2014). Asimismo, se aplicó una segunda dosis de ECP (-2 d) y se retiró el CIDR. Finalmente, si las vaquillas resultaron en estro se realizó la IATF (0 d). Previo a esta actividad, se observó la presencia del moco cervical (claro, purulento o sanguinolento) por animal mediante palpación rectal, para determinar la tasa de detección del celo (%). Para probar actividad lútea, se obtuvieron muestras sanguíneas por punción de la vena coccígea los días 4, 9 y 14 post-IATF. Para ello, se usaron tubos sin anticoagulante de 10 mL (Vacutainer; Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ); una vez obtenidas las muestras de sangre fueron almacenadas en una hielera para su traslado al laboratorio; posteriormente, fueron centrifugadas a 3500 g por 15 min a una temperatura de 10°C. El suero fue colocado en viales de 1.5 mL y fue almacenado a -20°C hasta su posterior análisis para determinación de la concentración de P_4 sérica mediante la técnica de ELISA y se usó un kit comercial para cuantificar dicha hormona (Monobind Inc., Lake Forest, CA, USA). Todos los análisis estadísticos se realizaron bajo los procedimientos del programa estadístico SAS

(2004). Para evaluar la tasa de detección del estro, se realizó una prueba de Ji-cuadrada mediante el procedimiento FREQ. Para la variable de P_4 sérica, se usó el procedimiento UNIVARIATE para demostrar su distribución normal. Posteriormente, se usó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo y fue analizado bajo el procedimiento Mixed. Para establecer las diferencias entre medias se usó una prueba de mínimos cuadrados a una $\alpha = 0.05$ y se declaró tendencia estadística a una $\alpha = 0.10$.

Resultados

En el **Cuadro 1**, se muestran los valores de progesterona sérica correspondientes a los tratamientos y días de muestreo de vaquillas Brahman post-inseminación artificial a tiempo fijo. La tasa de detección del estro fue del 100%. Mientras que la concentración sérica de P_4 fue mayor (*P<0.05*) en el grupo CIDR-N, con respecto al grupo testigo, pero similar (*P>0.05*) que CIDR-U.

Discusión y conclusión

Es un hecho que, en los últimos años, los programas de IATF han mejorado la eficiencia reproductiva del hato, la tasa de expresión del estro y tasa de concepción en el ganado, así como también han ayudado a simplificar o proyectar las diferentes tareas durante el manejo reproductivo o actividades de parto (Pessoa *et al.,* 2017). En este sentido, se diseñó este experimento, basado primeramente en la aplicación de un protocolo de IATF en vaquillas Brahman, para generar una nueva onda folicular a través de FSH, luego para continuar su crecimiento vía LH-pulsátil, muestre su efectividad sobre la tasa de expresión del estro a través del estímulo de la teca ovárica para producir andrógenos, mismos que pueden convertirse en estradiol por las células de la granulosa, vía de aromatización, de manera que todas las vaquillas mostraron la presencia de moco cervical. Por lo tanto, es factible observar un incremento en la concentración sérica de estradiol, la cual está estrechamente relacionada con los signos de expresión del estro, lo que garantiza la formación de folículos de Graaf consistentes para ovular a través de LH-tónica y propicie la formación de un CL funcional para la síntesis de P_4, necesaria para soportar la supervivencia embrionaria durante la fase de reconocimiento de la preñez (Hernández, 2012; Monteiro *et al*., 2014). Por otra parte, es preciso considerar que las vaquillas se ubicaron en las praderas previo al inicio y durante la aplicación del protocolo de IATF, sin recibir manejo reproductivo de manera convencional o rutinaria; es decir, que la movilización de animales a los corrales de manejo pudo haber incrementado los niveles de estrés calórico y con ello sus efectos negativos, dado el horario de manejo que fue al medio día. Lo anterior, aunque no fue evaluado o considerado dentro de los objetivos de estudio, puede resultar factible debido a que bajo ese escenario el eje hipotálamo hipófisis gonadal puede estar seriamente comprometido por niveles bajos de glucosa, ácidos grasos, insulina, hormona del crecimiento, IGF-I y leptina actúan sistemáticamente sobre los siguientes puntos: 1) Hipotálamo, mediante el control de la síntesis y liberación de GnRH; 2) Hipófisis, a través del control de la síntesis y liberación de gonadotropinas; y 3) Ovario mediante la regulación del crecimiento folicular, síntesis de estradiol y P_4 (Chagas *et al.,* 2007). Bajo este escenario, también es común observar la presencia de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) que causan una desfosforilación de la proteína citosólica en células endógenas lúteas por disminución de magnesio; de manera que, si se incrementan componentes antioxidantes a partir de inyecciones minerales o vitaminas, pueden aumentar la esteroidogénesis y síntesis de P_4 en el CL (Van Emon *et al.,* 2020). Por otro lado, a pesar de estar lavados y esterilizados los CIDR para el estudio, pudieran no ser recomendables debido al alto riesgo de diseminación por enfermedades venéreas (Correa *et al.,* 2021). Sin embargo, considerando la P_4 residual en el CIDR-U en este estudio, en el que resultó similar al grupo de vaquillas CIDR-N, se puede reconsiderar la decisión, sobre todo si se usa en el mismo grupo de animales, los cuales, en este caso, fueron elegidos como sanos inicialmente, justamente para reducir los riesgos por enfermedad o para reducir los costos de la suplementación con CIDR-N post-IATF. Ahora bien, la concentración de P_4 durante los días 4, 9 y 14 post-IATF fueron en franco crecimiento entre sí, lo cual quiere decir, que tanto los folículos ovulatorios como la suplementación a base de CIDR, fueron consistentemente fuertes, tal como lo reportaron Macías y Cedeño (2014), en vacas

criollas Senangus x Brahman. Por otro lado, se han reportado niveles por arriba de 1 ng/dL en animales ciclando o en fase lútea (Bruno *et al.,* 2014), aunque particularmente en vaquillas Holstein bajo suplementación a base de CIDR post-inseminación, se han reportado niveles séricos de P_4 por debajo de los resultados obtenidos en este estudio (Correa *et al.,* 2021). El uso de CIDR nuevo y usado puede ayudar a incrementar la concentración de P_4 sérica de vaquillas Brahman post-IATF. Realizar más estudios que considere la tasa de concepción, la evaluación de condiciones que tienen que ver con el estrés calórico y la esteroidogénesis, a través de analitos químicos y hormonas, puede ayudar a robustecer este estudio en el futuro.

Literatura Citada

Ambrose, D.J., Colazo, M.G., Kastelic, J.P., 2010. The applications of timed artificial insemination and timed embryo transfer in reproductive management of dairy cattle. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 383-392.

Ambrose, D.J., Kastelic, J.P., Rajamahendran, R., Aali, M., Dinn, N., 2005. Progesterone (CIDR)based timed AI protocols using GnRH, porcine LH or estradiol cypionate for dairy heifers:
Ovarian and endocrine responses and pregnancy rates. Theriogenology, 64, 1457-1474.

Bruno, R.G.S., Moraes, J.G.N., Hernández-Rivera, J.A., Lager, K.J., Silva, P.RB., Scanavez, A.L.A., Mendonça, L.G.D., Chebel, R.C. Bilby, T.R. (2014). Effect of an Ovsynch56 protocol initiated at different intervals after insemination with or without a presynchronizing injection of gonadotropin-releasing hormone on fertility in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 97(1), 185-194.https://doi.org/10.3168/jds.2013-6827

Chagas, L.M., Bass, J.J., Blache, D., Burke, C.R., Kay, J.K., Lindsay, D.R., Lucy, M.C., Martin, G.B., Meier, S., Rhodes, F.M., Roche, J.R., Thatcher, W.W., & Webb, R. (2007). Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. Journal of Dairy Science, 90(9), 4022–4032. https://doi.org/10.3168/jds.2006-852

Correa-Calderón, A., Hernández-Rivera, J. A., Avendaño-Reyes, L., Diaz-Molina, R., & Macias-Cruz, U. (2021). Progesterone supplementation in Holstein heifers subjected to cooling and timed AI during summer: physiological and reproductive variables and thyroid hormone concentrations. *Trop Anim Health Prod*, 53(2), 1-6.

Dhami, A. J., Nakrani, B. B., Hadiya, K. K., Patel, J. A., Shah, R. G. (2015). Comparative efficacy of different estrus synchronization protocols on estrus induction response, fertility and plasma progesterone and biochemical profile in crossbred anestrus cows. Veterinary World, 8(11), 1310. https://doi.org/10.14202%2Fvetworld.2015.1310-1316

Friedman, E., Roth, Z., Voet, H., Lavon, Y., Wolfenson, D., 2012. Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. Journal of Dairy Science, 95, 3092-3099.

García E (1985). Modificaciones al sistema de clasificación climática de köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Instituto de geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 2a edición., México, D.F.

Hernández, J. (2012). Fisiología clínica de la reproducción de los bovinos lecheros. México: Ciudad Universitaria. http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf

Macías, J. I., & Cedeño, J. A. V. (2014). EVALUACIÓN DE PROGESTERONA INTRAVAGINAL POST INSEMINACIÓN ARTIFICIAL PARA REDUCIR LA MUERTE EMBRIONARIA EN VACAS. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, *5*(1), 25-29.

Monteiro Jr, P., Ribeiro, E., Maciel, R., Dias, A., Solé Jr, E., Lima, F., . . . Santos, J. J. J. o. D. S. (2014). Effects of supplemental progesterone after artificial insemination on expression of interferon-stimulated genes and fertility in dairy cows. *97*(8), 4907-4921. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7802

Pessoa, G.A., Martini, A.P., Parmeggiani, E.B., de Lima, B.S., Pastre, G., Durel, L., Decuadro-Hansen, G. (2017). Effect of mineral injectable supplementation with phosphorus, selenium, magnesium, copper, and potassium on cyclicity resumption and pregnancy rate of Bos taurus

or crossbreed beef cows during the protocol of FTAI. Revista Académica Ciência Animal, 15, S269-270.

Richards, M.W., Spitzer, J.C., & Warner MB (1986). Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci. 62: 300-306. https://doi.org/10.2527/jas1986.622300x

Rodríguez-Martínez, R., Chavarría Neri, I. C., Meza-Herrera, C. A., Alvarado-Espino, A. S., Morales Cruz, J. L., González-Álvarez, V. H., et al. (2018). Eficiencia reproductiva de Ovsynch+ CIDR en vacas Holstein bajo un esquema de inseminación artificial a tiempo fijo en el norte de México.
Revista mexicana de ciencias pecuarias, 9(3), 506-517. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4300

Sartori R, 2002. Mortalidad embrionaria en bovinos lecheros, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología, Brasília, DF, Brasil. (En Línea). EC. Consultado, 3 jun 2012. Formato PDF. Acta Scientiae Veterinariae. 32: 35-50

SAS (2004). User´s guide. Software 9.12. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

Schrick, F. 2001. Influence of progesterone in cows during early lactation on reproductive parameters. Revista J. Dairy. 84: 1407-1412

Solórzano Hernández, C. W. ., Mendoza, J. H., Hidalgo, C. G., Godoy, A. V., Avila, H. R. V., & García, S. R. (2008). Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Técnica pecuaria en México*, 46(2), 119-135. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61346202

Van Emon, M., Sanford, C. McCoski, S. (2020). Impacts of bovine trace mineral supplementation on maternal and offspring production and health. Animals, 10(12), 2404. https://doi.org/10.3390/ani10122404

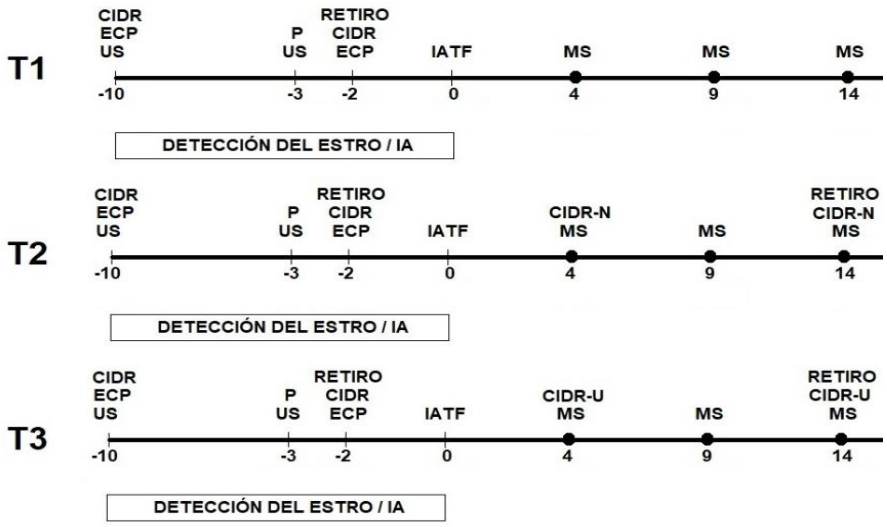


Figura 1. Protocolo de sincronización del estro a base de progesterona. CIDR= dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (1.9 g); ECP= cipionato de estradiol (0.5 mg); US= ultrasonido; P= prostaglandinas F2α (dinoprost trometamina, 25 mg); IATF= inseminación artificial a tiempo fijo; MS= muestra sanguínea; CIDR-N= dispositivo intravaginal impregnado con progesterona nuevo; CIDR-U= dispositivo intravaginal impregnado con progesterona usado.

Cuadro 1. Concentración sérica de progesterona de vaquillas Brahman post-inseminación artificial a tiempo fijo.

	Tratamientos				Días			
	Testigo	CIDR-N	CIDR-U	E.E.	4	9	14	E.E.
ng/mL								
Progesterona	6.2[a]	7.7[b]	6.7[ab]	0.40	4.3[a]	7.2[b]	9.1[c]	0.40

[abc] Literales distintas entre cada columna indican diferencia (*P<0.05*). CIDR-N=CIDR nuevo; CIDR-U=CIDR usado; Días=días de suplementación vía CIDR post-inseminación artificial a tiempo fijo.

COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS MERINO ISLA SOCORRO DURANTE LA DETECCIÓN DEL ESTRO DE HEMBRAS SINCRONIZADAS

Castañeda N.A.A.[4], Hernández M.J.A. [1], Villagómez Z.A.[2], Barajas S.C.E.[3], Prado R.O.F.[4], García C.A.C.[4], Hernández R.J.A.[4]*

[1]Departamento de Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guanajuato.
[2]Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara
[3]Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima.
[4]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima

Resumen

Con el propósito de evaluar el comportamiento sexual de carneros Merino Isla Socorro durante la detección del estro en hembras sincronizadas, cuatro machos fueron estabulados bajo el mismo régimen alimenticio a base de King grass picado (*Pennisetum purpureun*, CT-115), alimento comercial y agua *ad libitum*. Los corrales cuentan con sombra galvanizada en un 70%, que cubre las áreas de los comederos y bebederos. Previo al inicio del estudio se consideró una condición corporal de 3 ± 0.25, 2 ± 0.5 años y clínicamente sanos. Luego, 19 ovejas del mismo biotipo fueron sincronizadas a base de esponjas intravaginales impregnadas con 65 mg de acetato de medroxiprogesterona, las cuales permanecieron colocadas por 10 d. Adicionalmente, se administró 1 mL de selenio vía subcutánea el día 0 del protocolo. Al día 8 se administró 1 mL de eCG (gonadotropina coriónica equina) /hembra. Finalmente, en el día 10 se retiraron las esponjas. Los carneros fueron utilizados para obtener una detección de estro, siendo supervisados por la persona encargada del proyecto. Para la detección del estro se utilizó la observación en base al comportamiento que tenían los machos al momento de tener contacto con las hembras, dichos comportamientos se manifestaron de las siguientes respuestas: Flehmen, olfateo anogenital, exploración, manoteo, vocalizaciones, intentos de monta y monta. De igual forma, las hembras a la hora de la detección del estro pueden mostrar conductas y/o respuestas hacia el macho, como receptibilidad, donde la oveja se queda completamente inmóvil aceptando al macho y la monta natural. Esto se realizó en tres horarios distintos, durante la mañana (AM=0800 h), tarde (PM=1400 h) y noche (PM=1800). Los machos utilizados fueron cubiertos por un delantal para así evitar la copula y por cada horario usado, el proceso tuvo una duración de 15 minutos aproximadamente, separando y marcando a las hembras que mostraron estro. Los carneros mostraron actividad ante las hembras sincronizadas, siendo mayores dichas actividades o conductas sexuales en las variables de cortejo, olfateo anogenital y monta efectiva al obtener una sumatoria ≥ 50, por lo tanto, se puede concluir que un protocolo de sincronización es eficiente a la hora de utilizar carneros para la detección del estro.

Introducción

Los carneros en general muestran conductas sexuales importantes, por lo que son sujetos de investigación (Trujillo, 2014). De hecho, identificar conductas sexuales del macho sobre todo en periodos donde las hembras se encuentran en estro (Gibbons *et al.,* 2019), puede ayudar a mejorar la tasa de fertilidad (Ungerfeld, 2021). De manera que, bajo condiciones normales, las ovejas manifiestan un estado de quietud y receptibilidad ante el macho durante la monta e incrementan las posibilidades de acercarse al momento de la ovulación (Hameed *et al.,* 2021). Por lo tanto, aproximarse a dicho instante, ayuda a mejorar parámetros reproductivos del hato, sobre todo al aplicar protocolos de sincronización del estro e inseminación artificial (**IA**; Ahaduzzaman, 2019; Daly *et al*., 2020). Los carneros cumplen una función importante en la detección de estro de las hembras para que sean cubiertas en la época reproductiva, manifestándose con diferentes acciones como: olfateo, especifico en el área anogenital, reflejo de Flehmen, que consiste en levantar el labio superior aspirando el aire que circula; vocalizaciones, micciones, manoteo, intentos de monta previos a la monta efectiva (Simonetti *et al*., 2014). Cuando se evalúa el comportamiento de los carneros es importante tener en cuenta que se compone de dos partes: la motivacional y la de ejecución. La primera que se traduce a la libido, y la segunda que toma en cuenta la libido y los movimientos

motores que permiten realizar la acción de comportamiento (Orihuela, 2014). No todos los carneros tienen un comportamiento sexual bueno ni con la misma intensidad, como en todo hay factores que influyen en eso como la edad y la raza (Simitzis *et al*., 2006). La frecuencia, duración o intensidad de la mayor parte de conductas sexuales del carnero pueden contabilizarse, pero cuando se hace no solo se mide la libido sino también la ejecución (Orihuela, 2014). El cortejo es incuestionable en condiciones extensivas y con machos previamente utilizados sexualmente (Simonetti *et al*., 2014). El comportamiento sexual del macho se divide en distintas fases, siendo la primera en la que el carnero identificará el estado fisiológico en el que se encuentra la hembra, una característica importante de los machos es que pueden distinguir por medio de la orina cuando una hembra está en celo y cuando no lo está; seguida del reflejo de flehmen (Orihuela, 2014; Blissitt, 1990). Por otro lado, aunque la detección del estro en ovejas puede realizarse naturalmente cuando entran en celo, existen métodos artificiales para inducirlo a través de protocolos a base de hormonales que modifican al eje hipotálamo hipofisis gonadal, de manera que ayude incluso con la sincronización de grupos tratados (Habeeb & Kutzler, 2021). Dichos protocolos son incluidos en programas de reproducción asistida y terapia hormonal hipotalámica para casos de anestro (Khan *et al.,* 2021). Actualmente, no existen antecedentes del comportamiento sexual de carneros Merino Isla Socorro, por ello la importancia de estudiarlos. Por lo tanto, el objetivo fue caracterizar la conducta sexual de carneros Merino Isla Socorro ante hembras del mismo biotipo bajo un protocolo de sincronizacion del estro.

Material y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la posta ovina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima en Tecomán, Colima, México. Todos los procedimientos utilizados fueron aprobados por la Comisión de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima (Acta de evaluación: No. 3/2022). Todos los animales estuvieron estabulados bajo el mismo régimen alimenticio a base de King grass picado (*Pennisetum purpureun*, CT-115), alimento comercial como suplemento y agua *ad libitum.* Los corrales estuvieron dispuestos para las hembras y carneros de manera separada y estuvieron provistos de sombra galvanizada en un 70%, que cubre las áreas de los comederos y bebederos. Se utilizaron cuatro carneros Merino Isla Socorro sexualmente probados, con ~48.3 ± 0.2 kg de peso corporal, ~3 ± 0.1 años y condición corporal de 3.25 ± 0.25 puntos en la escala de 1 a 5 puntos (Russel *et al*., 1969). Para desarrollar el estudio se usaron 20 ovejas Merino Isla Socorro multíparas con un rango de edad de 3.3 ± 0.8 años aproximadamente, con ~ 27.5 kg de peso y condición corporal de ~ 2.50 ± 0.25 puntos en escala de 1 a 5 puntos (Russel *et al*., 1969), fisiológicamente en etapa reproductiva (vacías); las cuales fueron asignadas a un protocolo de sincronización del estro (**Figura 1**). Las variables de la conducta sexual del macho consideradas en el estudio fueron: Flehmen, olfateo anogenital, exploración, manoteo, vocalizaciones, intentos de monta y monta efectiva (**Cuadro 1**). El día de la detección del estro fueron introducidos los carneros al corral de ovejas sincronizadas en tres tiempos del día por 15 min. /macho, durante la mañana (AM=0800 h), tarde (PM=1400 h) y noche (PM=1800). La receptividad o quietud de las hembras ante el macho fue un indicativo de franco estro, luego fueron marcadas y separadas a otro corral para evitar repetir hembras. Los machos utilizados fueron cubiertos por un delantal para evitar copulas accidentales. Los análisis estadísticos fueron hechos mediante procedimientos del programa estadístico SAS (2004). Mediante las medidas de tendencia central se evaluaron todas las variables del comportamiento sexual de los carneros a través del procedimiento MEANS.

Resultados

Las medidas de tendencia central respecto al número de eventos registrados en el comportamiento sexual de cuatro machos durante la detección del estro de hembras Merino Isla Socorro bajo sincronización del estro se muestran en el **Cuadro 2**. En general, se observó mayor actividad en las variables de cortejo, olfateo anogenital y monta efectiva al obtener una sumatoria ≥ 50. Una actividad moderada parecida a la anterior, fueron las vocalizaciones, las cuales rebasaron en 30 veces la actividad. Sin embargo, en lo que respecta a las variables de Flehmen, manoteo e intentos de monta no rebasaron las 12 veces dichas actividades. Por lo anterior, se obtuvo una media de 4.75, 4.16 y

4.25 en cortejo, olfateo anogenital y monta efectiva, respectivamente. Mientras que se obtuvo una media de 2.83 en vocalizaciones. En lo que respecta a Flehmen, manoteo e intentos de monta se obtuvo una media de 0.83, 1.0 y 1.0, respectivamente. Finalmente, las actividades máximas que se presentaron fueron olfateo anogenital, cortejo y monta efectiva con 12, 12 y 11, respectivamente.

Discusión y Conclusiones

Con base en los resultados se puede observar que los carneros mostraron una conducta sexual favorable en respuesta a la presentación del estro de hembras Merino Isla Socorro bajo sincronización. Velásquez *et al*., (2011) indicaron que la administración de P_4 a través de un dispositivo intravaginal en ovejas, produce un incremento sérico durante el tiempo que permanezca dentro, lo que significa que las concentraciones séricas podrían funcionar como suplemento durante la fase lútea al inicio de una onda folicular o aditivo durante el tiempo post-IA. De hecho, una retroacción negativa produce la liberación de GnRH, luego, gonadotropinas, que producen un crecimiento positivo a nivel folicular, que se continua con la formación de un folículo dominante, el incremento de receptores para la síntesis de estradiol con los sucesivos signos del estro, es decir, que se producen folículos de mayor tamaño y calidad para obtener la ovulación. Por otro lado, Orihuela (2014), hace mención respecto a que la actividad sexual de los carneros esta bajo el control de hormonas androgénicas que actúan en el hipotálamo, específicamente en la porción supraóptica, dichas hormonas actúan sobre el desarrollo y expresión normal de la conducta sexual de los carneros. Además Stazionati (2020), menciona que la conducta sexual de los carneros puede tener predisposición genética, sin embargo, existe un factor de aprendizaje de conducta sexual, donde los machos practican montas entre si desde la infancia; es decir, aunque las montas entre el mismo sexo son sin apetito o motivación sexual, la realidad es que los sementales previo a someterlos a una actividad de detección del estro, un entrenamiento previo con ovejas estrogenizadas, resulta importante de realizar para mejorar los parámetros reproductivos.

Algunos estudios han reportado tasas de expresión del estro (TEE) del 96 %, (Fraire-Cordero *et al*., 2013; Jackson *et al*., 2014) en protocolos de sincronización del estro de 9 días a base de gonadotropinas, CIDR y PGF2α en ovejas; también existe una efectividad de 100% en TEE en protocolos de 9 días y administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) (Nakafeero *et al*., 2020), y aunque en nuestro estudio fue utilizada la medroxiprogesterona, finalmente las hembras de estudio mostraron receptividad hacia los carneros.

Fabre-Nys (2010), menciona que ovejas en estro, pueden elegir al carnero para aparearse a través de la atracción, proceptividad y receptividad; la primera menciona la capacidad de la hembra para incitar al macho a la respuesta efectiva de monta; luego, la proceptividad se refiere al comportamiento sexual que se mantiene entre el carnero y la oveja previo a la cópula; la receptividad de la hembra al macho es necesaria para que se logre la cópula. Por lo anterior, en el actual estudio, una vez que las hembras presentaron receptibilidad ante el macho se optó por separar a las hembras y declararlas en estro, ya que se observó que los carneros al entrar al corral de observación del estro seleccionaban a una hembra y descartaban a las demás.

. Por otro lado, durante el muestreo se pudo observar que los carneros al acercarse a la hembra olfatearon el área anogenital u orina si se presentaba el caso para manifestar reflejo de Flehmen, conducta sexual característica donde levantaban la cabeza y el belfo superior como preámbulo para incrementar la libido previo a la monta al tiempo que mantuvieron vocalizaciones. Posteriormente, los carneros de estudio mostraron otras conductas tal como manoteo, intentos de monta y montas efectivas (Houpt, 2010).

Finalmente, los carneros Merino Isla Socorro de estudio mostraron comportamiento sexual característico al presentarlos con ovejas bajo sincronización del estro, es decir que fueron capaces de detectar el celo y obtener respuestas reproductivas.

Literatura citada

Ahaduzzaman, M. (2019). The global and regional prevalence of oestrosis in sheep and goats: a systematic review of articles and meta-analysis. Parasites & vectors, 12(1), 1-17.

Blissitt, M. J., Bland, K. P., & Cottrell, D. F. (1990). Olfactory and vomeronasal chemoreception and the discrimination of oestrous and non-oestrous ewe urine odours by the ram. Appl. Anim. Behav. Sci. 27(4), 325-335.

Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodriguez-Martinez, R., Angel-García, O., Rivas Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., & Véliz-Deras, F. G. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. Theriogenology, 106, 79-86.

Daly, J., Smith, H., McGrice, H. A., Kind, K. L., & van Wettere, W. H. (2020). Towards improving the outcomes of assisted reproductive technologies of cattle and sheep, with particular focus on recipient management. Anim. 10(2), 293. DOI: 10.3390/ani10020293

Fabre-Nys, C., 2010, "Mating Behavior", en Koob, F., M. Le Moal y R. Thompson (eds.), Encyclopedia of Behavioral Neuroscience, pp. 178- 185, Academic Press, Oxford.

Fraire-Cordero, S., Pró-Martínez, A., Ramírez-Valverde, G., Sánchez-del Real, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2013). Selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona. Universidad y ciencia, 29(1), 33-44. ISSN 0186-2979.

Gibbons, A. E., Fernandez, J., Bruno-Galarraga, M. M., Spinelli, M. V., & Cueto, M. I. (2019). Technical recommendations for artificial insemination in sheep. Anim. Prod. Sci. 16, 803-809. DOI: 10.21451/1984-3143-AR2018-0129

Habeeb, H. M. H., & Kutzler, M. A. (2021). Estrus synchronization in the sheep and goat. Veterinary Clinics: Food Anim. Pract. 37(1), 125-137. DOI: 10.1016/j.cvfa.2020.10.007

Hameed, N., Khan, M. I. U. R., Zubair, M., & Andrabi, S. M. H. (2021). Approaches of estrous synchronization in sheep: Developments during the last two decades: A review. Trop Anim Health Prod. 53(5), 485. DOI: 10.1007/s11250-021-02932-8

Houpt, A., 2010, "The Ram. Sexual behaviour of free-ranging sheep", en Domestic Animal Behaviour for Veterinarians and Animal Scientistits, Wiley-Blackwell.

Jackson CG, Neville TL, Mercadante VRG, Waters KM, Lamb GC, Dahlen CR, Redden R.R. 2014. Efficacy of various five-day estrous synchronization protocols in sheep. Small Rumin. Res. 120 (1):100-107. ISSN: 0921-4488.

Nakafeero, A., Hassen, A., & Lehloenya, K. C. (2020). Investigation of ram effect and eCG usage in progesterone based oestrous synchronization protocols on fertility of ewes following fixed time artificial insemination. Small Rumin. Res. 183, 106034. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106034

Orihuela Trujillo, A. (2014). La conducta sexual del carnero: Revisión. Rev Mex Cienc Pecu. 5(1), 49-89.

Simitzis, P. E., Deligeorgis, S. G., & Bizelis, J. A. (2006). Effect of breed and age on sexual behaviour of rams. Theriogenology, 65(8), 1480-1491.

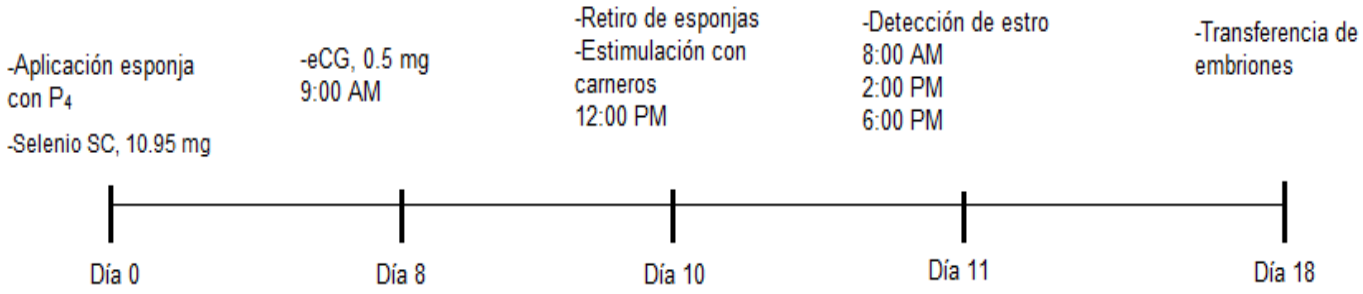
Simonetti, Laura., Lynch, Gloria. Y Mccormick, Mercedes (2014). Aspectos reproductivos de los carneros. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias. 2. Buenos Aires - Argentina. vol. 1, nº. 1. pp. 15-20.

Stazionati, M. F. (2020). *Recuperación de la aptitud reproductiva en carneros Pampinta con azoospermia*. EEA Anguil.

Ungerfeld, R. (2021). Comportamiento sexual del carnero. Anais da, 40.

Velásquez, L. F. U., Toro, C. G., Ortiz, E. E. C., Jiménez, J. H. I., Souza, M. I. L., & Botero, S. Á. (2011). Reutilización del dispositivo de progesterona (CIDR) asociado con protocolos de corta duración en cabras. Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line), 5(1), 39-46.

Figura 1. Protocolo de sincronización de estro aplicado en las ovejas hembra Merino Isla Socorro.



Cuadro 1. Comportamiento y actividades sexuales del carnero.

Indicadores de actividad sexual	
Flehmen	Se presenta cuando el carnero levanta la cabeza y el labio superior en respuesta al sabor y olor de la orina
Olfateo anogenital	Olfateo a la zona genital de la oveja
Exploración	El carnero frota, lame y/o mordisquea de manera superficial un costado de la oveja con intensidad
Manoteo	El carnero se posiciona detrás de la oveja muy proximo a ella y consecuentemente le da una patada justo en el flanco con una pata anterior
Vocalizaciones	El carnero realiza alguna emisión de sonido vocal, esto mientras tiene un acercamiento hacia la hembra
Intento de monta	Son movimientos con la intención de copular, levantando las patas anteriores y colocándose encima de la oveja
Monta efectiva	Número de montas eficientes

Adaptado de Calderón-Leyva *et al*., (2018).

Cuadro 2. Medidas de tendencia central respecto al número de eventos registrados en el comportamiento sexual de cuatro machos durante la detección del estro de hembras Merino Isla Socorro bajo sincronización del estro

Conducta	∑[1]	Media	D.E.[2]	Máximo	Mínimo
Flehmen	10.0	0.83	1.19	4	0
Olfateo anogenital	50.0	4.16	3.04	12	1
Cortejo	57.0	4.75	3.01	12	2
Manoteo	12.0	1.0	1.04	3	0
Vocalizaciones	34.0	2.83	1.58	6	1
Intento de monta	12.0	1	0.95	3	0
Monta efectiva	51.0	4.25	3.76	11	0

[1]Sumatoria; [2]Desviación estándar.

CRIOPRESERVACIÓN DE ESPERMATOZOIDES EPIDIDIMARIOS Y SU EFECTO SOBRE LA FERTILIDAD DE VACAS EN EL TRÓPICO DE GUERRERO

Solorio, O. M*., Estrada, P. E., Morales-Cruz, J. L., Cuicas, H. R. y Gómez, V. J. C.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad en fresco y capacidad criopreservante de espermatozoides epididimarios en toros postmortem, usando dos diferentes diluyentes y su efecto sobre la fertilidad de vacas con aptitud cárnica, esto como una alternativa de rescate genético en el trópico de Guerrero. Se recolectaron 22 testículos procedentes de 11 toros destinados al sacrificio en el rastro municipal de Pungarabato, Guerrero. El material biológico fue trasladado al laboratorio de reproducción de la FMVZ No.1, donde por medio de la técnica de flujo retrógrado se recuperaron los espermatozoides almacenados en la cola del epidídimo, para después centrifugarlos y el pellet resultante de los dos epidídimos fue dividido en dos tratamientos con diferente diluyente, T1 Optixcell y T2 Andromed, ajustándose a una concentración a $120x10^6$ sptz/mL para después refrigerarse hasta 5ºC en un lapso de 2 horas y criopreservarlos a vapores de nitrógeno de manera vertical. La evaluación de las pajuelas se realizó en dos tiempos, 24 horas y 30 días después de la criopreservación, estimándose motilidad individual, viabilidad, morfología y prueba dual HOST. Para la prueba de fertilidad, se inseminaron 9 vacas con aptitud cárnica, multíparas en el sistema extensivo de Pungarabato a celo natural detectado mediante el protocolo de inseminación convencional AM-PM. El diagnóstico se realizó por medio de ultrasonografía transrectal a los 52 días después de la inseminación artificial. Las variables evaluadas fueron analizadas por estadística descriptiva a través de la media y error estándar, mientras que para determinar el efecto del tratamiento se evaluó por medio de ANOVA ($p<0.05$) y la tasa de fertilidad se expresó en tasa de concepción. La motilidad mostró un promedio de 73.64%, viabilidad de 88.36% y defectos morfológicos de 24% en los espermatozoides en fresco, mientras que los tratamientos después de la criopreservación no mostraron diferencia estadística significativa en todas las variables analizadas ($P>0.05$). Se obtuvo una tasa de concepción del 55% (5/9 vacas). En conclusión, la obtención de espermatozoides del epidídimo y su evaluación en fresco tienen rangos similares en motilidad y viabilidad, en comparación de espermatozoides frescos de toros vivos obtenidos por medio de vagina artificial y electroeyaculador. El tipo de diluyente, Andromed y Optixcell, no afectó estadísticamente ninguna de las variables medidas y se tienen tasas de concepción similares o muy cercanas al semen convencional criopreservado.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el mundo representa el 40% del producto interno bruto (PIB) agrícola en países desarrollados, mientras que países en desarrollo el 20% (Salmón *et al*., 2020); asimismo, los productos ganaderos aportan un 34% de la proteína ingerida por la humanidad (Palma, 2014). A nivel nacional la producción cárnica en canal de bovino tiene una participación de 22.9% en la producción nacional pecuaria, mientras que la producción de leche de bovino participa en un 18.8%, colocándose la ganadería bovina como la segunda actividad agropecuaria más importante después de la agricultura (FAO y SAGARPA, 2015).

Las biotecnologías reproductivas permiten obtener una mayor eficiencia en el proceso reproductivo de los animales domésticos, obteniendo así mayor producción en menor tiempo y por ende mayores ganancias. Por ello estas técnicas son de suma importancia para el desarrollo de la ganadería a nivel nacional y mundial (Hadgu y Fesseha, 2020). Dentro de las biotecnologías reproductivas, la conservación de semen es una técnica que es ampliamente utilizada en la biología reproductiva y ha traído consigo grandes progresos en el mejoramiento genético, la creación de bancos de

* *Maurilio Solorio Ochoa. Lázaro Cárdenas 105, San Antonio de los Bravo, Torreón, Coahuila, C.P. 27058. maurii.solorio97@gmail.com, (767)1008955

germoplasma, mayores estándares productivos, reemplazo de técnicas convencionales, entre otras (Rodriguez-Martinez, 2012; Choudhary *et al*., 2016).

Para la criopreservación de células espermáticas de manera convencional es necesaria la extracción de semen, ya sea por vagina artificial o electro eyaculador. El semen está conformado por el plasma seminal, el cual es secretado por las glándulas accesorias del macho, mientras que la parte celular de este fluido está constituido por los espermatozoides (Rangel *et al*., 2018). Estas células son producidas en los túbulos seminíferos del parénquima testicular en un proceso denominado espermatogénesis que dura aproximadamente 60 días en el toro y cada 14 días se inicia un nuevo ciclo espermatogénico (Senger, 2012). Los espermatozoides cuando entran al epidídimo carecen de motilidad y capacidad fertilizante, gracias a un entorno altamente especializado son adquiridos a través de su recorrido por este órgano (Bertol, 2016). Algunos estudios del epidídimo en diferentes especies de mamíferos han demostrado que este órgano secreta uno de los fluidos más complejos del organismo secretado por una glándula exocrina, gracias a la presencia y organización de células especializadas en el conducto epididimario (Robaire, 2015; De Souza *et al*., 2017). Debido a la estrecha relación entre la estructura histológica y la presencia de diferentes secreciones a lo largo de este canalículo, se ha propuesto un esquema de división del epidídimo en 10 regiones en rumiantes y cerdos, 8 en el hombre, 6 en el caballo y 18 en el cobayo (Goyal, 1985; Cooper, 1986; Amann *et al*., 1993; Bassols, 2006; Roberts y Chauvin, 2018). En las últimas porciones del epidídimo (*corpus* y *cauda*) se encuentran almacenados por varias semanas los espermatozoides motiles y con capacidad fertilizante de buena calidad (Zhou *et al*., 2018). Por lo tanto, las regiones terminales del epidídimo son una fuente importante de gametos durante la vida reproductiva del macho y aún después de su muerte (Reyes *et al*., 2002).

Recolectar y criopreservar espermatozoides del epidídimo son herramientas esenciales para preservar la existencia de gametos viables de toros élites o genéticamente superiores que hayan muerto repentinamente, de tal manera que se pueda obtener descendencia mediante la inseminación artificial o fertilización *in vitro*. Además, esta biotecnología puede ser traspalada para animales silvestres, en peligro de extinción e incluso para los humanos (Souza, 2011). Es por ello que se puede implementar la recolección de espermatozoides de la cola del epidídimo para propagar la calidad genética de toros postmortem, puesto que los espermatozoides que se encuentran ahí, según se ha reportado tienen capacidad de fertilizar al ovocito (Reyes *et al*., 2000; Reyes *et al*., 2002).

En México, existen escasos estudios reportados sobre la recuperación, criopreservación y prácticas en reproducción asistida utilizando espermatozoides del epidídimo de toros postmortem, teniendo en cuenta que, en algunas situaciones esta puede ser la última oportunidad para la preservación de los gametos de un semental. Se realizó esta investigación con la finalidad de recuperar y criopreservar espermatozoides de la cola del epidídimo de toros postmortem, con dos diluyentes diferentes y evaluar su efecto en la fertilidad de vacas como una alternativa de rescate genético en el trópico de Guerrero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

La recolección de los testículos se realizó en el rastro municipal de Pungarabato Guerrero y su procesamiento se llevó a cabo en el laboratorio de reproducción de monogástricos de la FMVZ No. 1 -UAGro que se encuentra en el mismo municipio con coordenadas longitud 100.648446 Oeste y latitud 18.340354 Norte y altitud de 410 m con temperatura ambiental promedio de 30°C.

Obtención de los testículos y epidídimo

Se recolectaron 22 testículos de 11 toros destinados al sacrificio procedentes del municipio de Pungarabato Guerrero, donde la selección de los animales experimentales fue de acuerdo a su madurez sexual (3.8 años en promedio de acuerdo a datos proporcionados por el rastro), con peso promedio de 850 Kg, condición corporal 8 de 10 de acuerdo a Muñoz y Atria (1989), sin datos específicos tales como: motivo de sacrificio, régimen de alimentación, sanidad actual, función zootécnica en el lugar de procedencia, descartando cualquier tipo de alteración visible que presenten

los testículos, epidídimo y animal. Por medio de la observación a la hora del sacrificio se determinaron las características fenotípicas de la línea genética predominante en el toro, resultando en 7 de la línea *Bos taurus* y 4 de la línea *Bos indicus*. Los testículos se obtuvieron en el periodo de julio-agosto del 2021.

Los testículos se retiraban del animal sacrificado con la túnica vaginal colocando una ligadura en el cordón espermático con el objetivo de evitar un reflujo y entrada de algún fluido al conducto deferente, fueron lavados con solución salina fisiológica atemperada y adicionada con 200 mg de gentamicina. Posteriormente se colocaron dentro de una hielera térmica, la cual se mantenía a temperatura constante de 25 ºC hasta llegar al laboratorio donde se procesaron, esto se realizó sin sobrepasar 2 horas desde el sacrifico hasta la dilución de los espermatozoides.

Disección del conducto epididimario

Se desarrolló el protocolo descrito por Barrios y Albers (2006), el cual consiste en diseccionar el conducto epididimario. Primeramente, se retiró la túnica vaginal de cada testículo para después realizar una minuciosa disección del conducto deferente y epididimario sin dañarlos, a través de la técnica de flujo retrógrado eran obtenidos los espermatozoides canalizando el conducto del extremo posterior al testículo con el teflón de catéter 22 G para después perfundir de 10-20 mL de BTS (Magapor, S.L) a la misma temperatura que se encontraba en ese momento el conducto, la temperatura fue tomada por medio de un termómetro láser.

Predilución y enfriamiento de los tratamientos

Del lavado obtenido de ambos testículos se evaluó la presencia de gota citoplasmática distal (GCD) en un frotis de eosina negrosina (magapor), donde muestras mayores a 30% se incubaron a 29-35 ºC durante 30-60 min para disminuir su presencia. Una vez obtenido los espermatozoides de ambos testículos se evaluó motilidad, viabilidad y morfología; obtenidos los parámetros de >80% motilidad y viabilidad, <30% de morfología se procedió a dividir la muestra de ambos epidídimos en dos tratamientos, T1 que fue diluido con Optixcell (IMV technologies) y T2 con Andromed (Minitube), para después centrifugarse a 2400 RPM durante 10 minutos atemperando la centrífuga a la misma temperatura de los espermatozoides. El pellet se reconstituyó de acuerdo con su tratamiento a una concentración final de $120x10^6$ sptz/mL, una vez diluido se sometió a refrigeración hasta 5ºC en un lapso de 2 horas, concluido ese tiempo se llenaron las pajuelas de 0.5 mL (IMV technologies) y fueron selladas de manera térmica.

Criopreservación

El proceso de criopreservación se realizó por medio de una técnica estándar descrita por Khalil *et al*. (2018) con algunas modificaciones. Una vez llenas las pajuelas de 0.5 mL (IMV technologies) a 5 ºC fueron selladas de manera térmica, se colocaron 5 cm por encima del nitrógeno líquido de manera vertical a través de un recipiente de plástico y sujetado por hilo dentro del termo criogénico por 10 minutos, transcurrido este tiempo las pajillas son sumergidas en nitrógeno líquido a -196 ºC y conservadas hasta su evaluación.

Evaluación de la calidad espermática

Para evaluar el efecto de los dos diluyentes se realizó a las 24 horas y 30 días después de la criopreservación. La descongelación de las pajuelas se llevó a cabo de manera convencional, en baño maría a 38 ºC durante 40 segundos por agitación. Posteriormente se depositó el contenido de la pajuela en un microtubo atemperado del cual se tomaron las muestras necesarias para realizar la evaluación de las variables.

Evaluación de motilidad progresiva de los espermatozoides

Se tomaron 10 µL de muestra de cada tratamiento en un portaobjetos atemperado a 38 ºC y se observó en un microscopio de contraste de fase (Motic, Hong Kong, China).

Evaluación de la viabilidad y anomalías de los espermatozoides

Se realizó un frotis con 10 µL de la muestra y 10 µL de la tinción de eosina-nigrosina (Magapor, S.L.). Se examinaron un total de 200 espermatozoides por frotis bajo un microscopio de contraste de fase a 100X (Motic, Hong Kong, China) contando espermatozoides teñidos como muertos y no teñidos como vivos. El número de espermatozoides con morfología anormal de la cabeza y cola se tomó en el mismo frotis a 100x.

Prueba dual HOST

Para evaluar la funcionalidad de la membrana plasmática se utilizó la prueba HOST descrita por Nava-Trujillo (2011) con algunas modificaciones, donde 40 µL se mezclaron con 400 µL de una solución hiposmótica de NaCl (160 mOsm) para incubarse a 37ºC por 30 minutos. Posteriormente se tomaron 10 µL de la muestra para realizar un frotis en un portaobjetos atemperado y después fijarlo en paraformaldehído al 4% durante 15 minutos, terminado ese tiempo se enjuagó el frotis con agua destilada y fue incubado por 3 minutos tinción azul de comassie al 0.22% y metanol al 50%. Se evaluaron un total de 200 espermatozoides bajo un objetivo de 100x en un microscopio de contraste de fase (Motic, Hong Kong, China), donde espermatozoides con doblez de cola presentaba una membrana plasmática capaz de regular el medio osmótico y espermatozoides con el acrosoma intacto.

Ensayo de fertilidad

Se inseminaron 9 vacas con aptitud cárnica de la línea *Bos taurus*, multíparas de pequeños productores de la región de Pungarabato con el sistema de inseminación AM-PM. Las vacas presentaban 3 partos en promedio, alimentadas a base de pastoreo con pasto nativo de la región, una condición corporal 2.5 (en una escala de 1-5), en calor natural, sin datos específicos de sanidad y manejo por parte de los productores. Las pajuelas utilizadas fueron elegidas al azar, con una concentración de $60x10^6$ de espermatozoides en 0.5 mL, y el método de descongelación fue convencional en baño maría a 38 ºC durante 40 segundos. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía transrectal (Zoncare®, 7.5 MHz) a los 52 días después del servicio. El resultado fue expresado en tasas de concepción de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ concepción = \frac{Vacas\ gestantes}{Vacas\ inseminadas} \times 100$$

Análisis estadístico

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar, con 2 tratamientos y 11 repeticiones. Los parámetros del lavado epididimario se expresaron en porcentaje, media y error estándar. La evaluación posterior al lavado, descongelación y tasa de concepción se analizaron por medio de estadística descriptiva. Previo al análisis estadístico los datos se evaluaron por homocedasticidad y normalidad, cumpliéndose estos dos criterios. Para determinar el efecto del tratamiento (Optixcell y Andromed) se realizó por medio de ANOVA con un nivel de significancia de ($p<0.05$). El análisis se llevó a cabo en el software estadístico SPSS ver. 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo obtenidos durante la evaluación de espermatozoides recolectados por medio de la técnica de flujo retrógrado de la cola del epidídimo de toros postmortem, mostraron un promedio de 73.64 ± 2.03% de motilidad, 88.36 ± 1.91% de viabilidad y 24 ± 5.79% de defectos morfológicos en los espermatozoides (**Cuadro 1**). Al comparar los resultados con el trabajo de Turri *et al*., (2011), se encontró una motilidad mayor (80.3%), mientras que en la viabilidad fue menor (84.5%). En otro contexto, Duran *et al*., (2018) evaluó espermatozoides de toros cebuinos (*Bos indicus*) colectados por vagina artificial y electroeyaculador obtuvo motilidad de 84.17%; 92.29%, integridad de la membrana plasmática de 76.35 %; 74.65% y defectos morfológicos de 13.62%; 14.75% respectivamente con el método de obtención, siendo menor la viabilidad al compararlos con los resultados obtenidos en este trabajo, esto indica que la calidad de espermatozoides recolectados de la cola del epidídimo de toros es similar a los obtenidos por electroeyaculador o vagina artificial, además, esto demuestra que los espermatozoides que se obtienen de la cola del epidídimo tienen capacidad de criopreservación. Lo señalado anteriormente

se mantiene cuidando el manejo del epidídimo, controlando la temperatura ambiental lo cual está relacionado con el tiempo de transporte al lugar donde serán procesados, en este sentido Bertol *et al*., (2013) reportó que es posible recuperar espermatozoides bovinos viables con capacidad congelante de la cola del epidídimo, almacenada a temperatura ambiente de 18-20 ºC por 24 horas después de la orquiectomía.

Cuadro 1. Parámetros descriptivos (%) de la calidad de espermatozoides del epidídimo a 24ºC de toros (*Bos taurus y Bos indicus)* en condiciones de trópico de Guerrero (Media ± Error estándar).

Testículos	Evaluación en fresco		
	Motilidad	Viabilidad	Morfología
1	80	92	34
2	80	93	36
3	70	88	71
4	60	89	16
5	70	79	21
6	80	91	5
7	80	95	7
8	70	74	14
9	70	88	6
10	80	93	33
11	70	90	21
M ± E.E.	73.64 ± 2.03	88.36 ± 1.91	24 ± 5.79

En la evaluación de las variables de motilidad, viabilidad, morfología e integridad acrosomal de los dos tratamientos evaluados Andromed y Optixcell, no se encontró diferencia estadística significativa (P>0.05), por lo tanto, usando cualquiera de los dos diluyentes para la congelación de espermatozoides de epidídimo de toro se obtendrán resultados favorables. Sin embargo, numéricamente el Optixcell en las variables de motilidad, viabilidad e integridad del acrosoma obtuvo resultados de 2-4 puntos porcentuales más que el Andromed (**Cuadro 2**). Por su parte Turner *et al*., (2020) obtuvo resultados menores utilizando Optixcell en la congelación de espermatozoides epididimarios de toros, obteniendo motilidad de 40%, integridad de la membrana plasmática de 55% e integridad acrosomal de 25%.

Cuadro 2. Efecto del diluyente sobre los parámetros descriptivos de la calidad de espermatozoides epididimarios con 30 días de criopreservación en toros (*Bos taurus y Bos indicus*) en condiciones de trópico de Guerrero (Media ± Error estándar).

Tratamiento	Motilidad	Viabilidad	Morfología	Dual host (Acrosoma y resistencia osmótica)
Optixcell® (n=11)	59.09 ± 3.42ª	79.91 ± 1.85ª	23.36 ± 2.37ª	58.09 ± 2.29ª
Andromed® (n=11)	56.36 ± 3.37ª	75.18 ± 2.54ª	21.45 ± 2.44ª	54 ± 2.26ª

Literales iguales en la misma columna no diferencia significativa (P>0.05)

La tasa de concepción de las vacas inseminadas con espermatozoides epididimarios fue de 55.55% (5/9). Por su parte Costa *et al*., (2011) encontraron una tasa de fertilidad del 20% (2/10 vacas inseminadas), Quispe (2015) reporta una tasa de gestación del 69.2 % (9-13 vacas inseminadas). En otro escenario, Chaveiro *et al*., 2015 reportan una tasa de desarrollo embrionario hasta blastocito de 8 días de 21.8 ± 2.7%. Estos resultados indican que los espermatozoides que son recuperados de la cola del epidídimo tienen capacidad fertilizante *in vivo* como *in vitro*.

CONCLUSIÓN

La obtención de espermatozoides del epidídimo y su evaluación en fresco tienen rangos similares en motilidad y viabilidad, en comparación de espermatozoides frescos de toros vivos obtenidos por medio de vagina artificial y electroeyaculador. El tipo de diluyente, Andromed y Optixcell, no afectó estadísticamente ninguna de las variables medidas y se tienen tasas de concepción similares o muy cercanas al semen convencional criopreservado, argumentando la factibilidad de esta técnica como una alternativa de rescate genético en el trópico de Guerrero y su posterior uso en biotecnologías reproductivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amann, R. P., Hammerstedt, R. H. y Veeramachaneni, D. N. (1993). The epididymis and sperm maturation: a perspective. Reproduction, fertility and development, 5(4): 361-381. DOI: 10.1071/rd9930361.

Barrios, A. D. R. y Albers, A. M. I. (2006). Movilidad individual de los espermatozoides epididimarios de toros postmortem obtenidos mediante lavado retrógrado. Zootecnia tropical, 24(3), 267-280.

Bassols, C. J. (2006). Cultiu de les cèl·lules epididimàries de Sus domesticus: anàlisi estructural, funcional i proteòmic. (Tesis doctoral). Universitat de Girona, Cataluña, España.

Bertol, F. M. A. (2016). Cryopreservation of epididymal sperm. Intech. Doi: 10.5772/65010.

Bertol, M. A. F., Weiss, R. R., Thomaz-Soccol, V., Kozicki, L. E., Frujita, A. S., Abreu, R. A. y Green, K. T. (2013). Viability of bull spermatozoa collected from the epididymis stored at 18-20°C. Brazilian archives of biology and technology, 56(5): 777-783. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000500008.

Choudhary, K. K., Kavya, K. M., Jerome, A. y Sharma, K. (2016). Advances in reproductive biotechnologies. Veterinary world, 9(4): 388-395.

Cooper, T. G. (1986). The epididymis, sperm maturation and fertilization. 1º Edición. Springer-Verlag.

Costa, P. M., Martins, C. F., Franco, V. O., Fonseca, R. L. O., Bezerra, S. J. R. y Ferreira, C. H. (2011). Nascimento de bezerros normais após inseminação artificial utilizando espermatozóidescriopreservados obtidos de epidídimos refrigerados de bovinos após a morte. Ciência Rural, 41(5): 869-874.

De Souza, B. A. P., Schorr-Lenz, Â. M., Lucca, F. y Bustamante-Fhilo. I. C. (2017). The epididymis and its role on sperm quality and male fertility. Animal reproduction, 14(1), 1234-1244. DOI: 10.21451/1984-3143-AR955.

Duran, M., Stella, M. y Castillo, D. (2018). Efecto del método de extracción del semen en la calidad espermática de toros Shiwal. Avances en investigación pecuaria, 22(2).

FAO y SAGARPA. (2015). Componente producción pecuaria sustentable y ordenamiento ganadero apícola (PROGRAN): Evaluación nacional de resultados 2013.https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/14/1531/14112018-evaluacion-nacional-de-resultados-progan.pdf.

Goyal, H. O. (1985). Morphology of the bovine Epididymis. The American journal of anatomy, 172(2), 155-172.

Hadgu, A. y Fesseha, H. (2020). Reproductive biotechnology options for improving livestock production: a review. Advances in food technology and nutrition science, 6(1): 13-20.

Khalil, W. A., El-Harairy, M. A., Zeidan, A. E. B., Hassan, M. A. E. y Mohey-Elsaeed. (2018). Evaluation of bull spermatozoa during and after cryopreservation: Structural and ultrastructural insights. International journal of veterinary science and medicine. 6: 49-56.

Muñoz B., Fernando y Atria L., Alejandra (1989) *Condición corporal en bovinos de carne*. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina. (51):42-46.

Nava-Trujillo, H., Quintero-Moreno, A., Osorio-Meléndez, C., Rubio-Guillén, J., Carrillo-Fernández, F. y Finol-Parra, G. (2011). Use of water test to assess to sperm membrane functional integrity in cryopreserved bull semen. Revista científica FCV-LUZ, 11(3): 211-215.

Palma, G. J. M. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. Avances en Investigación Agropecuaria AIA, 18(1): 53-62.

Quispe, Q. A. E. (2015). Evaluación de la sobrevivencia y fertilidad in vivo de espermatozoides del epidídimo de toros criollos post mortem. Tesis de licenciatura, FMVZ-Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Rangel, L., Hernández, M. J. H., Boeta, M., Balcázar, S. A., Cerbón, J. L., Hernández, C. J., Páramo, R. R. M., Porras, A. A., Salgado, B., Valencia, J. y Zarco, L. (2018). Fisiología reproductiva de los animales domésticos. Universida Autónoma Nacional de México.

Reyes-Moreno, C. Boilard, M., Sullivan, R. y Sirard, M. (2002). Caracterization and identification of epididymal factors that protect ejaculated bovine sperm during in vitro storage. Biol. Reprod. 66(1): 159-166.

Reyes-Moreno, C., Gagnon, A. Sullivan, R. y Sirard, M. (2000). Addiction of specific metabolites to bovine epididymal cell culture médium enhaces survival and motility of criopreserved sperm. J Adrol 21(6): 876-886.

Robaire, B. y Hinton, T. B. (2015). Capítulo 17: The epididymis. En Plant, M. T. y Zeleznik, J. A. (pp. 691-771). 4º Edición. Editorial Elsevier.

Roberts, P. K. y Chauvin, T. R. (2018). Gene regulation in the epididymis. Enciclopedia of reproduction, 298-304. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12801238-3.64370-2.

Rodriguez-Martinez, H. (2012). Assisted reproductive techniques for cattle breeding in developing countries: a critical appraisal of their value and limitations. Reproduction in domestic animals, 47: 21-26.

Salmón, G.R., MacLeod, M., Claxton, J.R., Pica Ciamarra, U., Robinson, T., Duncan, A. y Peters, A. R. (2020). Exploring the landscape of livestock 'Facts'. Global food security, 25.

Senger, P. L. (2012). Pathways to pregnancy and parturition. 3º Edición. Washington State University Pullman, Editorial Current conception, Inc.

Souza, M. G. J., Batista, I. T. P. R., Melo, M. L. y Freitas, J. V. (2011). Reproductive biotechnologies applied to the conservation of endangered ruminant – past, present and future. RPCV, 110(577-580): 31-38.

Turri, F., Madeddu, M., Gliozzi, T. M., Gandini, G. y Pizzi, F. (2011). Influence of recovery methods and extenders on bull epididymal spermatozoa quality. Reproduction in domestic animals, 47(5): 712-717. DOI: 10.1111/j.14390531.2011.01948.x

Zhou, W., De Luliis, G. N., Dun, M. D. y Nixon, B. (2018). Characteristics of the epididymal luminal environment responsible for sperm maturation and storage. Frontiers in endocrinology, 9(59): 1-13. DOI: https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00059.

MICROLITIASIS TESTICULAR EN MACHOS BOVINOS DE LA COSTA CHICA DE GUERRERO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD SEMINAL

*Medel M.E.A[1]; Bottini L.M.B[1]; Saavedra J.L.A[1]; Núñez M.G[1]; de Jesús M.F[1]; Guillermo C.L[2].

La microlitiasis testicular (MT) es una patología asintomática de origen desconocido, caracterizada por presentar microcalcificaciones (1-3 mm) de diámetro dentro de los túbulos seminíferos y su diagnóstico es realizado por medio de ecografía escrotal. Se dice que en humanos esta enfermedad esta correlacionada con cáncer testicular y subfertilidad. En animales de interés zootécnico se desconoce el efecto de esta patología sobre la calidad seminal, por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue estimar la prevalencia de la microlitiasis testicular en machos bovinos de la Costa Chica de Guerrero y su efecto en la calidad seminal. Se realizó ecográfica testicular a 103 machos bovinos en dos municipios del estado de Guerrero, México. Los animales evaluados se agruparon por especie (*Bos taurus, Bos indicus* y sus cruzas), por edad (16 ≤20 meses, >20 ≤30 meses y, >30 meses). El periodo comprendido fue de enero a noviembre de 2022. Los animales que resultaron positivos a la patología de interés se clasificaron en: grado 1 (5 ≤10 microlitos), grado 2 (>10 ≤20 microlitos) y grado 3 (>20 microlitos). El resultado de la prevalencia de microlitiasis se expresó en porcentaje respecto al total de animales evaluados. Además, se recolectó semen mediante electroeyaculación, a las muestras obtenidas se les evaluó la concentración espermática, motilidad individual y morfología. El diseño experimental fue un completamente al azar. Las características seminales fueron analizadas con un ANOVA y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($p<0.05$). La prevalencia de microlitiais testicular fue del 41.74%, correspondiendo 5.82% para *Bos taurus*, 25.24% para *Bos indicus* y el 10.67% para las cruzas. En cuanto a la edad, la prevalecía más alta fue de 21.35% en animales >20 ≤30 meses, 8.73% para animales de 16 ≤20 meses y 11.65% para animales >30 meses. Respecto a las características seminales, hubo diferencias significativas para la concentración espermática con 597.69 millones/ml y 262.33, para animales sin MT y con MT respectivamente. La motilidad individual fue superior en animales sin MT con 73.12%, y de 59.65% para animales con MT. Los resultados de la morfología espermática para animales sin MT fueron de 89.476%, contra 82.558% en animales con MT. Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la presencia de microlitiasis testicular en machos bovinos afecta negativamente la concentración, motilidad individual y morfología normal de los espermatozoides.

Palabras clave: mineralización, gónadas, espermatozoides.

Introducción

La microlitiasis testicular (MT) es una patología que se caracteriza por la existencia de microcalcificaciones dentro de los túbulos seminíferos, es poco frecuente y generalmente constituye un hallazgo incidental durante la realización de la ecografía escrotal (Ikinger *et al*., 1982). La definición aceptada de la MT, es la presencia de cinco o más pequeños focos hiperecoicos dentro de los testículos con un tamaño que oscila entre 1 y 3 mm de diámetro (Backus *et al.,* 1994). El origen de la MT es desconocido y suele ser asintomática, sin embargo, un porcentaje razonable, de pacientes humanos, experimentan dolor testicular (Dagash, 2007). El significado clínico de la MT está en debate debido a las diferentes controversias halladas en la literatura sobre su asociación con el cáncer testicular y la infertilidad, así como los protocolos de tratamientos y los intervalos adecuados para su vigilancia y seguimiento (Ikinger *et al*., 1982; Backus *et al.,* 1994).

Según Chapwanya *et al.* (2008), la evaluación ecográfica testicular permite la identificación de lesiones palpables y no palpables, permitiendo un diagnóstico de lesiones locales y difusas. De esta manera el uso de la ultrasonografía asociada al examen andrológico genera mayor información,

* Edgar Anival Medel Martínez. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional km 197, C.P. 41940 15380292@uagro.mx. (741)1192481.

especialmente para la identificación y caracterización de patologías subclínicas como la MT (Kastelic & Brito, 2012; Kastelic, 2014).

En lo que respecta a estudios realizados sobre la MT en bóvidos, Víquez (2013), reportó un hallazgo incidental de focos hiperecoicos difusos en el parénquima testicular de toros reproductores en Costa Rica, los cuales los describió como posible mineralización o fibrosis, Chandolia *et al*., (2018) reportaron el caso de MT en un búfalo no reproductor en la India, Saavedra *et al*., (2022) hacen el primer reporte sobre MT en toros reproductores en México. Al saber que existe poca literatura reportada sobre esta patología en animales de interés zootécnico, el objetivo de este trabajo fue estimar la prevalencia de la microlitiasis testicular en machos bovinos de la Costa Chica de Guerrero y su efecto en la calidad seminal.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en dos municipios, Cuajinicuilapa y Ometepec, pertenecientes a la región Costa Chica del estado de Guerrero. En esta región, el tipo de clima que predomina es el cálido subhúmedo con lluvias en verano y oscilación térmica entre 22 y 28 °C. La precipitación media anual es alrededor de 1200 mm (INEGI, 2005).

Animales

Se examinó un total de 103 machos bovinos, los cuales fueron agrupados de acuerdo con su especie *Bos taurus, Bos indicus* y sus cruzas, de acuerdo con su edad en meses, 16 ≤20, >20 ≤30, y >30 meses. El periodo de estudio fue de enero a noviembre de 2022. Los animales seleccionados para esta investigación fueron prospectos o sementales activos. En general, el manejo de estos animales es en pastoreo semi-intensivo con suministro de sal mineral y agua a libre acceso. Como medidas sanitarias, los ganaderos desparasitan y aplican vacunas según los planes oficiales exigidos por las autoridades sanitarias de la región.

Examen ultrasonográfico testicular

La evaluación ecográfica del contenido escrotal se realizó con un ultrasonido semi-portátil Chison Eco 5, con transductor lineal transrectal de 6.5 MHz. La técnica de exploración consistió en aplicar lubricante en los testículos del animal, posteriormente se colocó el transductor sobre estos, y ejerciendo una leve presión se inició el recorrido de manera dorso-ventral y latero-medial en ambos testículos hasta terminar en la cola de los epidídimos (Checura, 2015).

Se consideró apariencia ecográfica normal cuando la pared escrotal mostró una estructura uniforme y de mayor ecogenicidad que el parénquima testicular, el cual debe ser compacto y homogéneo con densidad intermedia (Barth *et al*., 2008).

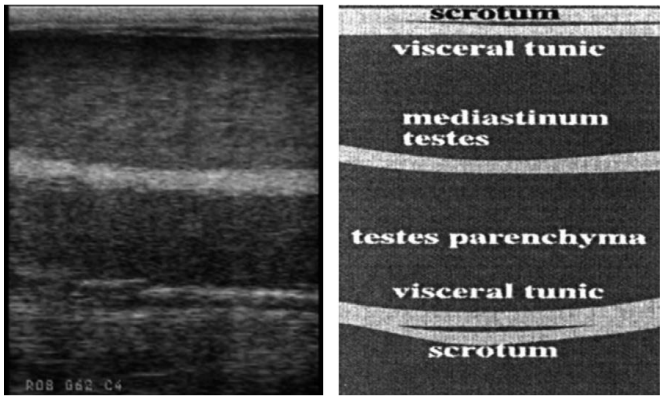


Figura 1. Características normales de una ecografía en los testículos.

Se determinó como apariencia ecográfica anormal, cuando se encontró la presencia de puntos o focos hiperecoicos dentro del parénquima testicular (microlitos, figura 2).

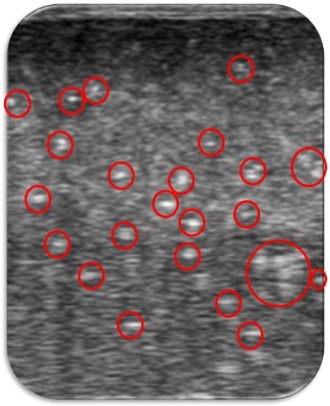


Figura 2. Características anormales de ecografía en testículos con MT.

La clasificación o grado de MT fue asignada basándose en el número de microlitos encontrados en los testículos: Grado I (5 -10 microlitos), Grado 2 (>10 ≤20 microlitos) y Grado 3 (>20 microlitos) (Backus*, et al*., 1994; Cornud, *et al*., 2001).

Recolección y evaluación seminal

Para la recolección del semen se utilizó electroeyaculación, empleando un electroeyaculador Standar Precision USA. La concentración espermática se estimó empleando una cámara de Neubauer, visualizando al microscopio con el objetivo de 40X. Se contaron los espermatozoides encontrados en las 4 cuadrículas de las puntas y la central (5 en total). La fórmula para calcular la concentración espermática fue: conteo de espermatozoides = Promedio x50 x100 x1000 (Kvist, 2002). Tomando como valor mínimo aceptado 500 millones de espermatozoides/ml (Gómez y Migliorisi, SFP). La motilidad individual (MI) se evaluó colocando una gota de semen sobre un portaobjetos y sobre esta un cubreobjetos, empleando el objetivo de 40X y observando varios campos se cuantificó en escala del 1 al 100%. Tomando como valor mínimo aceptado el 50%, esto según Páez y Corredor (2014). Por último, se evaluó la morfología de los espermatozoides, para lo cual se hizo un frotis de semen con eosina-nigrosina, una vez secado a temperatura ambiente, se observó bajo el objetivo de 100X, contando todos los espermatozoides de cinco campos hasta completar 100 células, el valor mínimo aceptado es del 70% (Ariagno, 2016).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un completamente al azar. La variable independiente fue presencia de microlitiasis (con y sin microlitiasis). Las variables dependientes fueron la concentración espermática (millones de espermatozoides por mililitro), porcentaje de espermatozoides normales y porcentaje de motilidad espermática individual, las cuales fueron analizadas empleando un análisis de varianza. Para determinar la diferencia entre medias se empleó la prueba de Tukey ($P<0.05$).

Los resultados de la prevalencia de microlitiasis se expresan como porcentaje respecto al total de animales evaluados.

Resultados

El cuadro 1 muestra la prevalencia de microlitiasis testicular de 103 machos bovinos evaluados en los municipios de Cuajinicuilapa y Ometepec, Guerrero. De los animales evaluados más del 40% presentaron algún grado de microlitiasis. En los animales con microlitiasis, las más frecuente fue el grado I.

La calidad espermática se vio afectada por la presencia de microlitos, en el cuadro 2, se muestran un efecto detrimental en las características espermáticas evaluadas, en los toros con microlitiasis.

Cuadro 4. Número de animales identificados con microlitiasis testicular (MT) en machos bovinos pertenecientes a la región Costa Chica, Guerrero

		Microlitiasis testicular					
Especie	**Toros evaluados**	**G0**	**G1**	**G2**	**G3**	**Total MT**	**Prevalencia (%)**
Bos taurus	6	0	4	1	1	6	5.82
Bos indicus	74	48	19	2	5	26	25.24
Cruzas	23	12	7	2	2	11	10.67
TOTAL	103	60	30	5	8	43	41.74

G0: Sin microlitiasis; G1: 5-10 microlitos; G2: >10 ≤20 microlitos; G3: >20 microlitos

Cuadro 5. Media de características espermáticas de machos bovinos pertenecientes a la región Costa Chica de Guerrero con y sin la presencia de microlitiasis testicular (MT).

Variable	**Sin MT**	**Con MT**
Motilidad individual (%)	73.119[a]	59.651[b]
Espermatozoides normales (%)	89.476[a]	82.558[b]
Concentración (millones/ml)	597.69[a]	262.33[b]

a,b Medias con la misma literal no son diferentes estadísticamente (P<0.05)

Discusión y Conclusión

La microlitiasis testicular (MT) es un hallazgo ecográfico incidental y poco frecuente, con una prevalencia baja en humanos, del 0,7 al 6% (Catazariti *et al*., 2014). En el caso de animales de interés zootécnico, esta patología se ha identificado en cabras, conejos, caballos (McEntee, 1990), búfalos (Chandolia *et al*., 2018) y machos bovinos (Saavedra *et al*., 2022), en esta última especie se observó 24.7% de los machos evaluados, valor que resulta inferior a lo obtenido en la presente investigación que fue de 41.74%. No es posible deducir porque en el presente estudio se encontró una mayor prevalencia, ya que se desconoce el origen y evolución de esta patología. Pero siendo animales cuya alimentación se basa en forrajes, es posible inferir que en el pasto o el agua podrían existir factores coadyuvantes para que un alto porcentaje de animales desarrollen esta patología.

El semen bovino debe cumplir parámetros mínimos para considerarlo como aceptable, Paéz y Corredor (2014) señalan que el porcentaje de espermatozoides con movimiento rectilíneo uniforme debe ser al menos del 50%, y del 70% para espermatozoides morfológicamente normales esto según Ariagno (2016), por lo que de manera general los animales con microlitiasis cumplen con estos parámetros. Sin embargo, en animales sin microlitiasis el porcentaje de estos supera a los animales con MT.

En el caso de la concentración espermática, el resultado obtenido en este estudio fue de 262.33 millones de espermatozoides/ml, número que resulta inferior al parámetro mínimo aceptado que es de 500 millones de espermatozoides/ml Gómez y Migliorisi (SFP). Una menor concentración espermática podría ser consecuencia de una menor cantidad de túbulos seminíferos activos, o quizás la presencia del microlito bloquee el paso de los espermatozoides hacia la *red de testis* disminuyendo así la concentración espermática.

Conclusión

Existe una elevada prevalencia de sementales con microlitiasis en los municipios de Ometepec y Cuajinicuilapa en el estado de Guerrero. La presencia de microlitiasis tiene un efecto detrimental sobre la concentración, motilidad individual y morfología normal de los espermatozoides.

Literatura citada

A.D. Barth et al. (2008). Animal Reproduction Science 106. 274–288

Ariagno, Julia; Mormandi, Edaurdo. (2016). Guía práctica para la evaluación del semen. Revista aba 80 3. University California State University San Marcos. https://www.studocu.com

Backus, M.L.; Mack, L.A.; Middleton, W.D. (1994). Testicular microlithiasis: imaging appearances and pathologic correlation. Radiology, 192: 781.

Catanzariti, F., Cantoro, U., & Lacetera, V. (2014). Validation of the sperm class analyser CASA system for sperm counting in a busy diagnostic semen analysis laboratory. Archivo Italiano Di Urologia e Andrologia, 86(1), 20–22. https://doi.org/10.4081/aiua.2014.1.20

Chandolia, R.K., Gyan Singh., Asok Kumar., Ravi Dutt & Deepak, Kumar Tiwari. (2018). Testicular microlithiasis in a buffalo bull- a rare case. Department of veterinary gynaecology and obstetrics, Department of veterinary clinical complex, Department of veterinary surgery and radiology, College of veterinary sciences Lala Lajpat Rai University of veterinary and animal ciences hisar- 125004, India.

Chapwanya, A., Callanan, J., Larkin, H., Keenan, L. y Vaughan, L. (2008). Breeding soundness evaluation of bulls by semen analysis, testicular fine needle aspiration cytology and trans-scrotal ultrasonography. 61(5):315-318. https://doi.org/10.1186/2046-0481-61-5-315.

Cornud, F., Amar, E., Hamida, K. (2001) “Ultrasound findings in male hypofertility and impotence”. Eur. Radiology, 11: 2126.

Dagash, H. y Mackinnon, E.A. (2007). Testicular microlithiasis: what does it mean clinically? British Journal of Urology international, 99(1): 157-160.

Gómez, Ma., Verano., Migliorisi, A. Lorena. (SF/P). Cátedra de reproducción animal. Facultad de Cs. Veterinarias – UNLP. Sitio Argentino de producción Animal.

Ikinger, U., Wurster, K. y Terwey, B. (1982). “Microcalcifications in testicular malignancy”. Urology, 19: 525.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2005). «Guerrero. Mapa de Climas». Archivado desde el original el 10 de junio de 2007. Consultado el 21 de octubre de 2022.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2005). «Guerrero. Mapa de Temperatura Media Anual». Archivado desde el original el 10 de junio de 2007. Consultado el 21 de octubre de 2022.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2005). «Guerrero. Mapa de Precipitación Media Anual». Archivado desde el original el 28 de abril de 2009. Consultado el 21 de octubre de 2022.

Jiménez, LAS, Ramírez, JFO, Martínez, GN, & Luzardo, MBB (2022). Estudio exploratorio: microlitiasis testicular en bovinos de la región de la Costa Chica. Agro Productividad.

Kastelic, J.P. (2014.) Theriogenology understanding and evaluating bovine testes. Theriogenology. 81(1), 18-23. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.001.

Kastelic, J.P. y Brito, L.F.C. (2012). Ultrasonography for monitoring reproductive function in the bull. Reproduction Domestic Animal. 47:45–51. https://doi. org/10.1111/j.1439-0531.2012.02042.x

Kvist, U. (2002). Manual de análisis básico de semen. ESHRE Monogragias. Disponible: https://www.seqc.es/docs/Comisiones/Andrologia

McEntee, K. (1990). Scrotum, spermatic cord and testis: degenerative and inflammatory lesion. In K. McEntee (Ed.), Reproductive pathology of domestic mammals (Academic P, pp. 252–278). https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.034

Momont, H., & Checura, C. (2015). Ultrasound Evaluation of the Reproductive Tract of the Bull. In R. Hopper (Ed.), Bovine Reproduction (Wiley Blac, pp. 79–91). https://doi.org/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118833971

Páez, B. E. M., Corredor, C. S. E. (2014). Breedigs Soundness Evaluation of the bull. Revista: Ciencia y Agricultura. Vol. 41 pp. 49-58. https://www.uaex.uada.edu

Vera, M. O. & G. Muñoz. (2005). Cómo mejorar la colección, manejo y calidad microbiológica del semen. Manual de Ganadería Doble Propósito. VIII (1). p. 504-509. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela.

Víquez-Céspedes, C. (2013). Hallazgos al examen ultrasonográfico del contenido escrotal durante la evaluación andrológica en toros manejados extensivamente en Costa Rica. Tesis de licenciatura en Medicina Veterinaria Campus Presbítero Benjamín Núñez.

EVALUACIÓN DIRECTA E INDIRECTA DE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DEL CARNERO

Mejía V.O.[1], Porras[2] A.A[*].

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina[1] y Departamento de Reproducción[2] de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen

La evaluación de la capacidad reproductiva (ECR) de un carnero se puede realizar de manera directa, exponiéndolo a un número determinado de hembras para después determinar cuántas de estas quedaron gestantes. Sin embargo, no es una práctica común sobre todo cuando se tienen que evaluar varios sementales, otra posibilidad, es la ECR de manera indirecta, que incluye diversas pruebas; un examen físico general y del aparato reproductor, la calidad del semen, y el examen de la libido y capacidad de monta del semental. El propósito de este estudio fue comparar la efectividad de la ECR de forma directa e indirecta en el carnero. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicado en el poblado de Tres Marías en el Estado de Morelos, México (latitud 19° 05´). En el empadre de 2019 (septiembre a noviembre), por un periodo de cuarenta y ocho días. Cincuenta días antes del empadre, se realizó la evaluación indirecta de la capacidad reproductiva (EiCR) de tres sementales (1, 2 y 3), de la raza Katahdin. La EiCR incluyó las siguientes pruebas; estado físico general, condición e integridad del aparato reproductor, la calidad del semen, examen de la libido y capacidad de monta. Por otra parte, la evaluación directa de la capacidad reproductiva (EdCR) de cada carnero se realizó asignándole un número determinado de ovejas y posteriormente se verificó cuantas logró gestar. Como se indicó, el empadre duró cuarenta y ocho días e inició con la detección de estros dos veces al día (mañana y tarde) mediante la introducción de machos celadores. Se detectaron los estros conductuales en 70 ovejas adultas de la raza Katahdin, a cada hembra se le dio monta controlada (doce y veinticuatro horas después de detectado el celo) con el carnero asignado. El número de hembras gestantes, que logró cada carnero, se determinó mediante ecografía 60 días después de la monta. Para el análisis de los datos colectados únicamente se aplicó estadística descriptiva. Los tres carneros cumplieron satisfactoriamente con los exámenes físico general y del aparato reproductor. Los carneros tuvieron eyaculados de muy buena calidad, los valores para cada característica del semen se encuentran dentro del rango normal, excepto el primer eyaculado del carnero 1, que fue el de menor calidad en su motilidad y viabilidad. El mejor desempeño en las pruebas de libido y capacidad de monta lo tuvo el carnero 2 al realizar seis montas completas en el periodo de evaluación además de mostrar una buena capacidad de monta. El carnero 3 realizó cuatro montas completas y una buena capacidad de monta, pero fue regular en el último servicio. El carnero 1 sólo realizó tres montas en el tiempo de evaluación y su habilidad de monta se calificó como mala en una ocasión. En general, la EiCR fue satisfactoria para los tres carneros, aunque el mejor desempeño lo logró el carnero 2 seguido del carnero 3 y el de menor desempeño reproductivo fue el carnero 1. Estos resultados se correspondieron con los obtenidos en la evaluación directa de la capacidad reproductiva, donde la mejor fertilidad la obtuvo el carnero 2 (88%), después el carnero 3 (76%) y la menor el carnero 1 (60%). La evaluación de la capacidad reproductiva de manera indirecta se relacionó con los resultados de la evaluación directa.

[*] *Dr. Antonio Porras Almeraya. Departamento de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, CP 04510. porras@unam.mx. 56225860. Modalidad: Cartel. Área Pequeños Rumiantes o Reproducción.

Introducción

El ritmo reproductivo de los animales domésticos depende tanto de las hembras como de los machos, aunque la mayor responsabilidad del rendimiento reproductivo recae en los machos; por ejemplo, de cada carnero depende la reproducción de 30 a 50 ovejas (Menzies, 1997; Ridler *et al.*, 2012), si reproductivamente falla una oveja se perdería una cría en su ciclo reproductivo, pero si falla el carnero se estarían perdiendo entre 30 a 50 crías. A pesar de la importancia que tiene el macho en el proceso reproductivo, la evaluación periódica de su capacidad reproductiva no es una práctica generalizada entre los productores, la cual estaría indicada: antes de su compra, antes de incluir en el programa reproductivo a los machos jóvenes o de reemplazo, antes de iniciar un empadre o bien al detectarse algún problema de fertilidad (Porras, 2018).

La evaluación de la capacidad reproductiva (ECR) de un macho, se puede realizar de manera *directa*; al exponerlo a un número determinado de hembras aptas para la reproducción y posteriormente se verifica cuántas logró gestar. Aunque esta no una práctica común, especialmente cuando se tienen que evaluar a varios sementales; aplicar la ECR directa requiere tiempo, instalaciones, la aplicación de tratamientos hormonales a las hembras y personal entrenado. Por dichas razones, se prefiere realizar una prueba *indirecta* es un procedimiento exhaustivo, pero relativamente rápido, que comprende las siguientes evaluaciones: estado físico general, condición o integridad del aparato reproductor, calidad del semen, el examen de la libido y capacidad de monta (Porras, 2009; Gouletsou y Fthenakis, 2010). El objetivo de este estudio fue comparar la efectividad ECR de manera directa e indirecta en el carnero.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicado en el poblado de Tres Marías en el Estado de Morelos, México (latitud 19° 05´). En el empadre de 2019 que se realizó del día 23 de septiembre al 11 de noviembre, por un periodo de cuarenta y ocho días. Cincuenta días antes del empadre, se realizó la evaluación *indirecta* de la capacidad reproductiva (EiCR) de tres sementales (1, 2 y 3), de la raza Katahdin. La EiCR incluyó las siguientes pruebas; estado físico general, condición e integridad del aparato reproductor, la calidad del semen, examen de la libido y capacidad de monta. En cada prueba se realizaron los siguientes procedimientos:

- Examen físico general

En la inspección del estado físico se consideró los siguientes aspectos:

- Estimación del peso y la condición corporal del carnero.
- Evaluación de la conformación corporal y el estado del aparato locomotor.
- Inspección de la condición de los ojos y la boca.

- Examen del aparato reproductor

La exploración del aparato reproductor abarcó los órganos genitales externos; la bolsa escrotal y su contenido (testículos, epidídimos y cordones espermáticos), además del pene y el prepucio. Durante el examen se determinó el diámetro escrotal, que está estrechamente relacionado con el diámetro testicular (existe una correlación positiva entre la circunferencia testicular y la producción espermática).

- Examen de la calidad del semen

De cada carnero, se obtuvo dos eyaculados en diferentes días (16 y 23 de agosto del 2019), mediante el empleo de una vagina artificial, de cada muestra obtenida se evaluó: el volumen (ml), la concentración espermática (células/ml), la motilidad en masa (0-5), el porcentaje de motilidad

progresiva, el porcentaje de espermatozoides vivos (viabilidad) y la morfología (porcentaje de espermatozoides normales).

- Examen la libido y capacidad reproductiva y capacidad de monta

La *libido* se evaluó mediante la prueba de tiempo de reacción (tiempo que transcurre desde que el macho se pone en contacto con la hembra hasta que realiza la monta con eyaculación, así como el número de montas completas realizadas en el tiempo de exposición). La *capacidad de monta* se estimó tomando en consideración; la habilidad de monta del carnero (coordinación, agilidad y eficiencia para la realización de la monta) (calificándola como mala, regular o buena). Para la prueba se utilizaron nueve ovejas adultas (entre 3 y 6 años), alojadas en un corral de 6x6 m^2; tres de ellas previamente sincronizadas con esponjas intravaginales que contenían 20 mg de acetato de fluorogestona (FGA), más la aplicación el día del retiro (día 9) de 200 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG). Cada carnero fue expuesto a las hembras durante 30 minutos y los evaluadores se colocaron fuera del corral para el registro de sus actividades.

Por otra parte, la evaluación *directa* de la capacidad reproductiva (EdCR) de cada carnero se realizó asignándole un número determinado de ovejas y posteriormente se verificó cuantas logró gestar. El empadre tuvo una duración de cuarenta y ocho días e inició con la detección de estros dos veces al día (mañana y tarde) empleando dos machos celadores, cubiertos con un mandil para evitar montas no deseadas. Se detectaron los estros conductuales en 70 ovejas adultas de la raza Katahdin, a cada hembra se le dio monta controlada (doce y veinticuatro horas después de detectado el celo) con el carnero asignado. El número de hembras gestantes, que logró cada carnero, se determinó mediante ecografía 60 días después de la monta. Para el análisis de los datos colectados únicamente se aplicó estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Antes del empadre se evaluó de manera indirecta la capacidad reproductiva de los tres sementales de la raza Katahdin. Los tres carneros (1, 2 y 3) cumplieron satisfactoriamente con los exámenes físico general y del aparato reproductor. La raza de un carnero puede afectar su desempeño reproductivo, especialmente aquellas razas que presentan una marcada estacionalidad reproductiva, ya que tendrán cambios estacionales en su circunferencia testicular, en la calidad del semen y en su libido, aspectos que se deben considerar cuando se realice la EiCR fuera de temporada reproductiva (Ott y Memon, 1980; Avdi *et al*., 2004). En este estudio, los tres carneros evaluados fueron Katahdin, raza con poca estacionalidad reproductiva (Porras *et al*., 2003). Además, las dos evaluaciones (directa e indirecta) ocurrieron en plena época reproductiva. A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de calidad del semen, libido y capacidad de monta.

- Evaluación de la calidad del semen

El cuadro 1 muestra los resultados de las características evaluadas en el semen de cada carnero. En general, los carneros tuvieron eyaculados de muy buena calidad, los valores para cada característica del semen se encuentran dentro del rango normal (Balcázar y Porras, 2009), excepto el primer eyaculado del carnero 1, que fue el de menor calidad en su motilidad y viabilidad. El carnero 1 era un macho joven (1.5 años), al respecto se conoce que la edad de un semental puede afectar su desempeño reproductivo, por ejemplo; el tamaño de los testículos puede ser menor lo cual puede afectar la calidad de un eyaculado (menor concentración espermática) (Ott y Memon, 1980; Ley *et al.,* 1990).

Cuadro 1. Características evaluadas en el semen de cada carnero

No. Carnero*	Volumen (ml)	Motilidad en masa (0-5)	Motilidad progresiva (%)	Viabilidad (%)	Morfología (%)	Concentración espermática (10^6 células/ml)
1	1.3	3	70	76	82	2260
1	1.7	5	90	87	93	2926
2	2.1	5	90	94	95	3580
2	2.2	5	90	98	97	3952
3	2.1	5	90	96	98	4106
3	1.8	4	80	85	94	3495

* De cada carnero se obtuvo semen en dos veces en días diferentes.

- Evaluación de la libido y capacidad de monta

El comportamiento reproductivo de los carneros es muy variable (Price, 1987), las pruebas de libido y capacidad de monta permiten identificar a los machos con un alto desempeño reproductivo, que incidirán en la fertilidad del rebaño. Existen estudios que han encontrado una asociación entre carneros con alto desempeño reproductivo y la fertilidad de las ovejas (Mickelsen WD, 1982; Perkins et al., 1992; Kilgour RJ, 1993). En este estudio la libido se evaluó mediante la prueba de tiempo de reacción (tiempo desde que el macho tiene contacto con la hembra hasta que realiza la monta con eyaculación, así como el número de montas completas realizadas durante el tiempo de exposición) y la capacidad de monta se estimó tomando en consideración la habilidad de monta del carnero (mala, regular o buena).

En el cuadro 2 se muestra los resultados de las pruebas de libido y capacidad de monta; el mejor desempeño lo tuvo el carnero 2 al realizar seis montas completas en el periodo de evaluación además de mostrar una buena capacidad de monta. El carnero 3 realizó cuatro montas completas y una buena capacidad de monta, pero fue regular en el último servicio. El carnero 1 sólo realizó tres montas en el tiempo de evaluación y su habilidad de monta se calificó como mala en una ocasión. La edad del macho 1 (1.5 años) pudo afectar su desempeño reproductivo ante la hembra (Burfening y Rossi, 1992; Gouletsou y Fthenakis, 2010).

Cuadro 2. Evaluación de la libido y la capacidad de monta de los carneros previo al empadre

Número de carnero	Raza	Edad (años)	Tiempo de reacción	Capacidad de monta
1	Katahdin	1.5	3’20’’	Mala
1	Katahdin	1.5	8’00’’	Buena
1	Katahdin	1.5	13’50’’	Buena

2	Katahdin	3.5	2’15’’	Buena
2	Katahdin	3.5	3’55’’	Buena
2	Katahdin	3.5	5’30’’	Buena
2	Katahdin	3.5	12’20’’	Buena
2	Katahdin	3.5	19’50’’	Buena
2	Katahdin	3.5	27’40’’	Buena
3	Katahdin	4.5	2’00’’	Buena
3	Katahdin	4.5	11’05’’	Buena
3	Katahdin	4.5	15’10’’	Buena
3	Katahdin	4.5	26’00’’	Regular

En general, la EiCR fue satisfactoria para los tres carneros, aunque el mejor desempeño lo logró el carnero 2 seguido del carnero 3 y el de menor desempeño reproductivo fue el carnero 1. Es importante considerar que el dictamen acerca de la capacidad reproductiva de un carnero deberá emitirse considerando cuidadosamente los diferentes aspectos incluidos en su evaluación, las condiciones en las que se efectuó la evaluación y el sistema de reproducción en el que se pretenda utilizar el animal (Sánchez *et al*., 2020). Esto significa que basados en la historia clínica del animal y en la información obtenida en la EiCR, los técnicos de campo responsables de la selección de los animales podrán categorizar a los carneros por encima o por debajo de los valores mínimos establecidos para las características que más afectan la fertilidad (Canto et al., 2018). La EiCR en el carnero deberá realizarse dos meses antes del servicio o del inicio del empadre, esta práctica permitirá reponer con anticipación los animales que se descarten como resultado de la evaluación (Ridler *et al*., 2012).

Evaluación directa de la capacidad reproductiva

El cuadro 3 muestra los resultados de la evaluación directa de la capacidad reproductiva de cada carnero. Es evidente que la evaluación reproductiva directa de un semental es la más apropiada, ya que el macho es expuesto a determinado número de hembras y posteriormente se verifica cuántas de estas quedaron gestantes (fertilidad); en este trabajo la mejor fertilidad la obtuvo el carnero 2 (88%), después el carnero 3 (76%) y la menor el carnero 1 (60%), estos resultados se corresponden con los obtenidos en la evaluación indirecta de la capacidad reproductiva.

La evaluación de la capacidad reproductiva de un macho se puede realizar de manera directa, aunque esta no una práctica común, especialmente cuando se tienen que evaluar a varios sementales; aplicar la ECR directa requiere tiempo, instalaciones, la aplicación de tratamientos hormonales a las hembras y personal entrenado. Por dichas razones, se prefiere realizar una prueba indirecta que es un procedimiento exhaustivo, pero relativamente rápido.

Cuadro 3. Porcentaje de gestación obtenido en el empadre

Número de Carnero	Número de hembras servidas	Número de hembras gestantes	Porcentaje de gestación
1	20	12	60
2	25	22	88
3	25	19	76

Conclusión

La evaluación de la capacidad reproductiva de manera indirecta se relacionó con los resultados de la evaluación directa.

Literatura citada

- Avdi M, Banos G, Stefos K, Chemineau P. Seasonal variation in testicular volumen and sexual behavior of Chios and Serres rams. Theriogenology 2004; 62: 275-282.

- Balcázar SJA, Porras AA. Manual de Prácticas en Manejo Reproductivo de Ovinos y Caprinos. Universidad Nacional Autónoma de México; 2009.

- Burfening PJ, Rossi D. Serving capacity and scrotal circumference of ram lambs as affected by selection for reproductive rate. Small Ruminant Res 1992; 9: 61-68.

- Canto MF, Muñoz MC, Reyes DJ. Evaluación reproductiva y sanitaria del carnero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín informativo No.186, 2018.

- Gouletsou PG, Fthenakis GC. Clinical evaluation of reproductive ability of rams. Small Ruminant Res 2010; 92: 45-51.

- Kilgour RJ. The relationship between ram breeding capacity and flock fertility. Theriogenology 1993; 40: 277-285.

- Ley WB, Sprecher DJ, Lessard P, Thatcher CD, Pelzer KD, Umberger SH. Scrotal circumference measurements in purebred Dorset, Hampshire and Suffolk lamb and yearling rams. Theriogenology 1990; 34: 913-925.

- Menzies PI: Reproductive health management. In Youngquist RS, editor: Current therapy in large animal theriogenology. Philadelphia, 1997, WB Saunders.

- Mickelsen WD, Paisley LG, Dahmen JJ. The relationship of libido and serving capacity test scores in rams on conception rates and lambing percentage in the ewe. Theriogenology 1982; 18: 79-86.

- Ott RS, Memon MA. Breeding soundness examinations of rams and bucks. Theriogenology 1980; 13: 155-164.

- Perkins A, Fitzgerald JA, Price EO. Sexual performance of rams in serving capacity tests predicts success in pen breeding. J Anim Sci; 1992: 2722-2725.

- Porras AA, Zarco QL, Valencia MJ. Estacionalidad reproductiva en ovejas. Ciencia Veterinaria 2003; 9: 1-34

- Porras AA.: Examen de la capacidad reproductiva del semental. En: Porras AA, Páramo RR. Manual de Prácticas de Reproducción Animal. Práctica 6: 87-101. Universidad Nacional Autónoma de México; 2009.

- Porras AA.: Examen de la capacidad reproductiva del semental. En: Rangel PL y Hernández MJ. Fisiología Reproductiva de los Animales Domésticos. Unidad 15: 271-291. Universidad Nacional Autónoma de México; 2018.

- Price EO. Male sexual behavior. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 1987; 3: 405-422.

- Ridler AL, Smith SL, West DM. Ram and buck management. Anim Reprod Sci 2012; 130:180-183.

- Sánchez GA, Avilés DS, Rueda TJM, Arrebola MFA, Queringo SFJ, Borjas MF, Castillejo LE, Abecia MA. Evaluación reproductiva de carneros en rebaños ovinos. Ganadería 2020; Marzo-abril, 34-37.

Consideraciones éticas

Se cuenta con el consentimiento del Dr. Octavio Mejía Villanueva del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) de la FMVZ-UNAM, para hacer uso de la información en este estudio.

INTERPRETACIÓN ECOGRÁFICA TESTICULAR EN LA VALORACIÓN DE SEMEN BOS TAURUS Y RAZAS SINTÉTICAS.

Tabe R. S[1]., Esteves L. M.A[1]., *Cuamatzi M. J[2]., Trejo M. F.J[3]., Rodríguez P. A.[3]., Vélez P. M.G., Rosales H.J[3]., Hernández S. E[3]., Del Ángel R. H[3]., Camacho R. J.C[4]

[1]Prof. investigador Tecnologico Nacional de Mexico campus Altiplano de Tlaxcala, Km. 7.5 carr. Fed. San Martín Texmelucan-Tlaxcala, México.
[2] tesista del Tecnologico Nacional de Mexico campus Altiplano de Tlaxcala, Km. 7.5 carr. Fed. San Martín Texmelucan-Tlaxcala. yoanaju@hotmail.com samuel.tr@altiplano.tecnm.mx 248 4817247, 2461396949 y 2222651988. Modalidad oral. Área: Reproducción Animal
[3]Centro de Desarrollo de Capacidad Productiva y Mejoramiento Genético de la Ganadería "Dr. Jorge R. Arnáez Gómez". Km. 12.5 carr. Victoria/Soto la Marina. Tel. 8343012677 Cd. Victoria Tamaulipas. México.
[4]Prof. Investigador Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Tecamachalco, Puebla.

Resumen

Este estudio se realizó en el Centro de Desarrollo de Capacidad Productiva y Mejoramiento Genético de la Ganadería "Dr. Jorge R. Arnáez Gómez" de la Unión Ganadera Regional de Cd. Victoria Tamaulipas, para realizar y evaluar ecografías del parénquima testicular y anillo prostático como predictores y complemento a la evaluación andrológica de sementales bovinos (Bos taurus, y razas sintéticas), relacionándolas con la evaluación física y valoración seminal de laboratorio. Se utilizaron 10 sementales para medir las siguientes variables; condición corporal, circunferencia, simetría y turgencia testicular, separación del prepucio al abdomen, volumen, coloración y motilidad masal, concentración de espermatozoides/ml y porcentaje de anormalidades primarias y secundarias, obteniendo los siguientes resultados; la condición corporal fue moderada según la escala de Kabaleski 2013, la circunferencia fue mayor a 39 cm de diámetro, testículos simétricos y turgentes, la separación del prepucio al abdomen fue aceptable, volumen espermático desde 4ml. hasta 25ml., coloraciones obtenidas desde el traslucido hasta el blanco perla, la motilidad masal regular, concentraciones espermáticas de 200 000-600 000 millones de espermatozoides por ml, y 20 porciento de anormalidades primarias y 20 porciento de anormalidades secundarias, referente a las imágenes ecográficas obtenidas se constató la presencia de diversas patologías en el genital tales como; calcificación testicular, congestionamiento de vesículas seminales, mediastinos con diferente grosor, que son factores predisponentes en la disminución de la producción espermática. Concluyendo que el uso del ultrasonido juega un papel importante dentro del examen andrológico para tomar desiciones sobre la vida reproductiva del semental.

Introducción.

En la ganadería el semental bovino es parte importante de la reproducción y como tal se le debe poner la atención adecuada a su desempeño reproductivo, en la actualidad se llevan a cabo actividades para conocer las condiciones en las que se encuentra este reproductor, partiendo de a) una valoración física, b) valoración en laboratorio y c) valoración ecográfica (Leguizamo y Páez, 2021), esto debido a que el semental bovino tal como lo menciona Romero 2015, es el responsable de aportar características hereditarias como lo es el rendimiento de peso en canal para ganado de carne y la producción de leche hacia el ganado lechero. Páez y Corredor citando a Boggio 2007, indican que el toro además, de aportar el 50% del material genético para la generación de un nuevo ser, representa aproximadamente el 85% de la eficiencia del comportamiento reproductivo del hato de la misma manera dentro de las explotaciones ganaderas llegan a existir entre un 3% y un 30% de toros utilizados no son del todo aptos para la reproducción puesto que pueden presentar problemas dentro del genital produciendo animales subfértiles o infértiles; en este sentido el reproductor debe ser evaluado de manera periódica con el objetivo de determinar su capacidad reproductiva, esto es importante ya que si falla una hembra se puede perder una cría, pero si lo que se tiene es un toro con problemas de fertilidad se pueden llegar a perder hasta 40 crías o más por cada 100 hembras, por ello el examen andrológico es de trascendental, para Leguizamo y Páez (2021), puesto que permite identificar y predecir un posible nivel de fertilidad del toro tomando en cuenta su capacidad física y la evaluación de su semen, previniendo posibles pérdidas por infertilidad

o esterilidad de los toros, Toribio (2015). las evaluaciones deben ser precisas y específicas para que sean útiles y seleccionar animales capaces de heredar características productivas deseables a sus progenies como la fertilidad, precocidad y ganancia de peso. (Santana et.al 2012). En la actualidad, los principales métodos utilizados para medir la salud y la funcionalidad del tracto genital masculino son; a) la palpación de los testículos, b) la medición del perímetro escrotal c) la evaluación de la calidad espermática. (Santana et. al 2012)., d) la ecografía testicular y glándulas accesorias (Tamayo, 2012). La ecografía permite identificar tejidos con apariencia normal y anormal y sobre todo tejido anormal que no perturba la arquitectura del mismo, aunque establecer sus orígenes siempre es difícil (Monina et.al, 2017). La ecografía refrenda el diagnostico de patologías que puede ser heredadas, por ello el uso del ultrasonido en la evaluación del tracto reproductivo de los machos es transcendental ya que agranda la confiabilidad del proceso de selección de los reproductores por la valoración precisa del parénquima y mejor medición biométrica del órgano genital, de hecho, el análisis de las imágenes de ultrasonido de los testículos está más relacionado con la calidad del semen en el futuro que en el presente. En un estudio realizado por Arteaga, Barth y Brito (2005) encontraron que la intensidad de los pixeles del ecógrafo no se correlaciona con la calidad de los espermatozoides tomados en la misma semana de la evaluación, pero esta correlación se incrementó cuando el semen fue tomado tres semanas después del día de la evaluación por ultrasonido. Según esos autores, es ideal que la recolección de semen se realice a las dos a cuatro semanas después de esta evaluación. A pesar de la baja correlación detectada entre la calidad del semen y la intensidad de los pixeles, la eco textura testicular pueden ser indicativos del desarrollo testicular (Santana et.al 2012). Los métodos no invasivos para caracterizar la espermatogénesis, hasta la aparición de la ultrasonografía diagnóstica en los testículos, estaban limitados a la medición del perímetro escrotal y la evaluación del semen. Si bien la medida del perímetro escrotal es un buen indicador de la masa testicular, el diagnóstico ultrasonográfico, como técnica, permite la evaluación de la forma, tamaño de las estructuras internas de los mismos. (Monina et.al 2017). En la actualidad con el uso ultrasonográfico se facilita el diagnóstico de patologías que involucran al genital masculino tales como; quistes intratesticulares, orquitis, hematomas, degeneración e hipoplasia testicular, hidrocele, fibrosis testicular, neoplasias etc., todas ellas disminuyen la cantidad y calidad seminal. por lo anterior descrito la finalidad de este trabajo fue el de evaluar mediante ultrasonografía el parénquima testicular como predictor y complementaria de una evaluación andrológica a sementales bovinos (Bos Taurus, Bos Indicus y Razas sintéticas), comparando las ecografías con una evaluación física y una valoración seminal de laboratorio del Centro de Desarrollo de Capacidad Productiva y Mejoramiento Genético de la Ganadería “Dr. Jorge R. Arnáez Gómez” en Ciudad Victoria, Tamaulipas, logrando incluso poder predecir la producción espermática a partir del ultrasonido.

Material y métodos

Se utilizaron 10 toros, identificados por; raza, color, edad y no. de SIINIGA correspondiendo a 1 bos taurus (pardo suizo) y 9 a razas sintéticas (4 befmaster 4 brangus y 1 charbray) con diferentes edades cronológicas del Centro Mejoramiento Genético “Dr. Jorge R. Arnáez Gómez” o que tenían relación alguna con este lugar, fueron evaluados de manera consecutiva y los datos se registraron en una bitácora de cada una de las variables obtenidas dentro de la evaluación física, ecográfica y del líquido seminal. En las instalaciones se contó con manga de manejo para manipular a los bovinos, realizando las siguientes actividades a) Medición de la condición corporal en una escala de 1 a 9 por Kabaleski 2013, b) peso corporal obtenido mediante bascula mecánica de 2000 kg, c) circunferencia escrotal calculada con cinta metálica, c) valoración mediante observación-palpación de simetría y turgencia testicular, d) observación de la separación prepucial del abdomen de acuerdo con la guía práctica para seleccionar un semental bovino para carne CONARGEN. e) captación de imágenes ecográficas con ultrasonido y transductor lineal de 7.5 MHz. del anillo prostático, las glándulas vesiculares y parénquima testicular según Gnemmi 2022. f) obtención de muestras de semen con electroeyaculador automático calculando el volumen con tubo graduado, ademas de inspección visual del color, olor y motilidad masal, g) la motilidad individual se observó a través de una gota de semen colocado en un portaobjetos cubierto por cubreobjetos previamente atemperados en una placa térmica 37° C y examinados con microscopio óptico con placa térmica a 37° C., h) los porcentajes de espermatozoides normales, y anormales, primarios y secundarios se valuaron por tinción con neosina-nicrosina 4 µl. en microscopio binocular de 4 campos, la concentración espermática se realizó contando el número de espermatozoides por ml de semen al observar 10 µl

de semen en 1990 µl de agua destilada sacando el promedio de los cuadrantes de las equinas y del centro de la cámara de neubawer y multiplicados por 10 mil. Las variables se midieron mediante estadística descriptiva y gráfica.

Resultados

Dentro del examen físico se contempló; condición corporal, la simetría, turgencia, circunferencia escrotal y observación de separación del prepucio al abdomen y se encontró; a) para condición corporal fueron de similar apariencia fig. 1, b) los testículos fueron simétricos y turgentes para todos fig.1a, c) la circunferencia escrotal fue mayor a 39 cm. considerándose como grandes fig. 1a, e) para prepucio todos fueron aceptables figura 1b.



Fig.1. Condición corporal



fig. 1a. Simetría y medición testicular



fig. no. 1b. separación del prepucio del abdomen

Para la variable ecografía se identificó tonalidades de gris que denotaron la apariencia del parénquima testicular fig. 2 y 2a, la red de testis normal fig. 2b, la cabeza del epidídimo fig. 2c, las glándulas vesiculares fig. 2e y el anillo prostático fig. 2f , con ciertos grados de ecogenicidad y aneconigénicidad confirmando la presencia o no de grados de calcificación en los testículos fig. 2 y 2a, glándulas vesiculares normales con liquido abundante de a 7-10 cm. largo x 2-4 cm. ancho fig. 2b, los anillos prostáticos con más de 3 cm. fig. 2c.



fig. 2. Toma ultrasonográfica

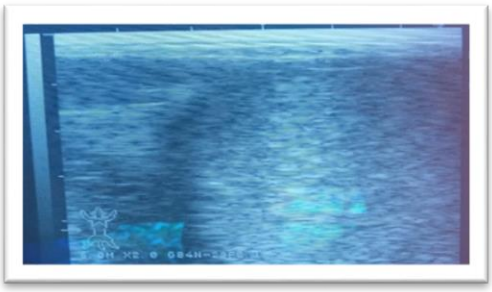


fig. 2 a. Parénquima testicular

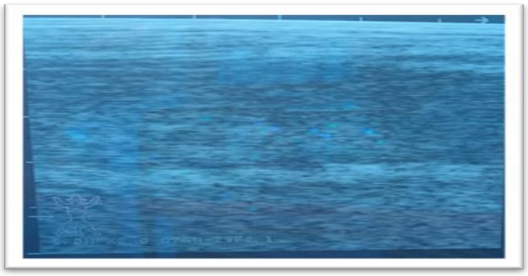


fig. 2 b. Rete testis



fig. 2 c. Cabeza epididimaria

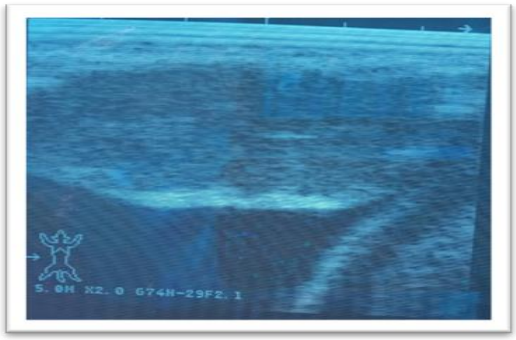


fig. 2 e. Glándulas vesiculares

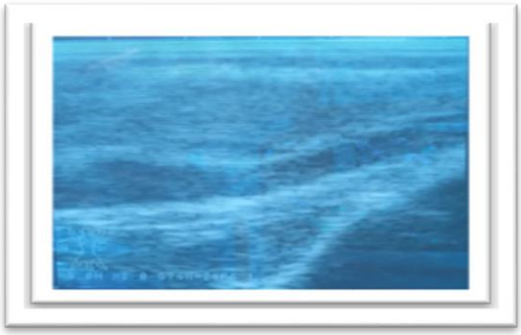


fig. 2 f. Anillo prostático

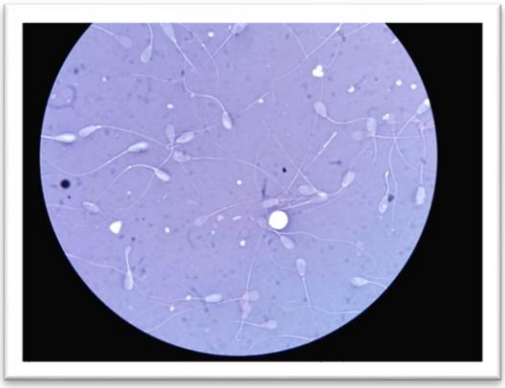
El examen seminal reporto; que los volúmenes fueron distintos, obteniéndose muestras desde 4 ml hasta 25 ml fig.3, algunas de ellas solo presentaron líquido seminal (azoospermia) fig.3a, y otros fueron desde un color traslucido hasta un color perla considerado este como muy bueno fig.3, el olor fue normal en todas las muestras, la motilidad masal se encontró regular al igual que la motilidad individual, el porcentaje de espermatozoides normales fue del 60% en promedio, encontrándose un 40% de anormalidades espermáticas fig. 3b, correspondiendo a 20% de anormalidades primarias y 20% de secundarias, con concentración espermática de 200 000 a 600 000 esp/ml.



Fig. 3. Volumen y color de eyaculados.



Fig. 3 a. Líquido seminal azoospermia.



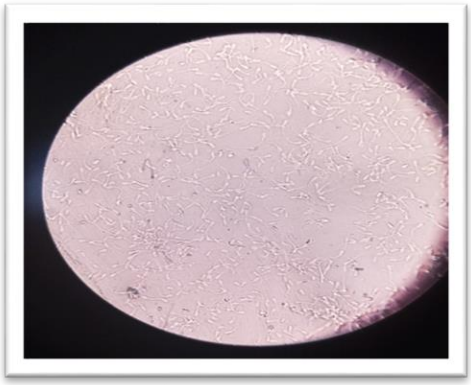


fig. 3 b. Anormalidades espermáticas.

Discusión y conclusiones

Al realizar las pruebas físicas iniciales a los sementales estudiados encontramos que las características fenotípicas correspondían a buenos reproductores con una condición corporal moderada bajo la escala de Kabaleski 2013, testículos simétricos y turgentes, la circunferencia escrotal mayor a 39 cm. y una separación prepucial aceptable, al realizar la valoración del semen en laboratorio algunos sementales produjeron poca cantidad de espermatozoides y otros cantidades normales, que da respuesta a los diversos colores obtenidos y que fueron desde un translucido hasta un blanco perla y ademas de tener relación con la concentración espermática se focalizo que estos eyaculados presentaron un 40% de anormalidades 20% de primarias y 20% de secundarias con una motilidad regular.

La ecografía nace en 1950 para el uso del ser humano y generó información al respecto como una herramienta para diagnosticar diversas patologías. Sin embargo, fue en los años 80 cuando se empezó a recomendar en bovinos, a la fecha, algunos autores como Leguizamo y Páez, 2021, la describen como una herramienta útil, para diagnosticar patologías que pueden ser incluso heredables y proporcionar información útil sobre la estructura y función del testicular.

Concordamos con Santana et.al, 2021., puesto que señala que al utilizar un ecógrafo se logra identificar cambios en la eco textura del parénquima testicular y en este estudio se manifestó durante el uso del ultrasonido las imágenes ecográficas tomadas correspondieron a diversas patologías del genital tales como; calcificación de parénquima testicular, congestionamiento de vesículas seminales, mediastino con diferente grosor que son factores que provocan disminución en la produccion espermática.

Se concluye en el presente trabajo que el uso del ultrasonido a lo mismo que indica Santana et.al, 21., es de vital importancia para identificar junto con el examen andrológico los factores que pueden afectar el parénquima testicular y por ende la produccion espermática de un reproductor.

Literatura citada

Conargen. guía practica para seleccionar un semental bovino para carne. www.simmentalsimbrah.com.mx

Romero S. Tatiana. (2015) diagnostico, evolución y manejo de la degeneración testicular en el semen bovino. Reporte de caso. Universidad de la Salle, Bogotá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Páez B. E.M., Corredor C. E.S. (2014). Evaluacion de la actitud reproductiva del Toro. Ciencia y agricultura Vol 11 No 2.

Boggio D. JC. (2007). Evaluacion de la aptitud reproductiva potencial y funcional del toro. Capacidad de servicio. Instituto de Reproducción Animal. facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad austral de Chile.

Kabaleski C. Daniel. (2013). Condición corporal en ganado de carne. http://www.producción/animal.com.ar

Leguizamo Viña Maritza y Páez Bonilla Rodrigo (2021), "El uso de la ultrasonografía en andrología bovina", Seminario de reproducción asistida y genética animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Ibagué. Disponible en: http://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33976/1/2021_uso_ultrasonografia_andrologia.pdf.

Toribio Sequeira, Luis (2015), "Andrología e inseminación artificial", Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Departamento de Medicina Veterinaria, Managua, Nicaragua. Disponible en: https://repositorio.una.edu.ni/3183/.

Santana do Carmo Adriana; Pérez Osorio Jair; Fernandes Mendoca Luiza; Do Lago Luis Alberto; Henry Marc y Chacón Jaramillo Liliana (2012), "Aspectos biométricos y ultrasonográficos del desarrollo testicular en bovinos de la raza guzerat (Bos Taurus indicus)", Revista Ciencia Animal, volumen 1, No. 5, Articulo 5. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ca/vol1/iss5/5/.

Tamayo Torres Manuel (2012), "La ecografía como medio diagnostico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino", La Habana, Cuba: Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Agraria de la Habana, Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrsonido/36-ecografia_reproduccion.pdf.

Monina M. I.; Heritier J. M.; Delia Croce M. R.; Galetti E. J. R.; Ierace A. J. M.; Juan F. M.; Olivares M. D.; Pechin G.; Rossetto L.; Vera O. A.; Verna M. y Véspoli Pucheu M. V. (2017), "Evaluación ultrasonográfica de las gónadas del toro", Cátedra Semiología y Propedéutica. Facultad de Cs. Veterinarias. Universidad Nacional de La Pampa, Trabajos de revisión bibliográfica. Recuperado a partir de: https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/2019

Arteaga A. Andrés, Barth D. Albert y Brito F. Leonardo (2005), "Relación entre la calidad del semen y la intensidad de píxeles de los ultrasonidos testiculares después del aislamiento escrotal en toros de carne", Teriogenología. Department of Large Animal Clinical Sciences, Western College of Veterinary Medicine, University of Saskatchewan, 52 Campus Drive, Saskatoon, SK, Canada. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X04004716.

PRODUCCIÓN DE LAS PRIMERAS CRÍAS EN MÉXICO CON EMBRIONES OBTENIDOS A PARTIR DE BECERRAS PREPÚBERES

Álvarez G.H[1]., Velázquez R.A[2]., Villaseñor G.F[3]., Ochoa E.E[4]., Kjelland M.E[5,6]., Romo G.S[7*]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP, Tepatitlán, Jalisco, México.
[2]H&A Biotecnologías en Reproducción Animal, Tepatitlán, Jalisco, México.
[3]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP, Tepatitlán, Jalisco, México.
[4]Reproductive Management Solutions, Fort Collins, Colorado, USA
[5]Conservation, Genetics & Biotech, LLC, Valley City, North Dakota, USA.
[6]Mayville State University, North Dakota, USA.
[7]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán, Estado de México.

RESUMEN.
El uso combinado de técnicas de Reproducción Asistida como la aspiración folicular guiada por ultrasonido (OPU), la producción *in vitro* de embriones (PIV), el uso de semen sexado y las pruebas genómicas ayudan a maximizar los recursos y el mejoramiento genético. Aunado a lo anterior, el desarrollo de la aspiración de ovocitos por laparoscopía (LOPU), permite su aplicación en rumiantes de talla pequeña, como borregas, cabras y becerras. Mediante la aspiración de ovocitos en hembras prepúberes, se disminuye el intervalo generacional y con esto se acelera el mejoramiento genético. En este trabajo se reportan resultados aceptables en la producción de embriones in vitro, gestaciones, nacimientos y destetes logrados por transferencia de embriones producidos a partir de becerras prepúberes expuestas a LOPU. Adicionalmente, se obtuvieron resultados elevados en la proporción de sexos de las crías (100% hembras). Se concluye que bajo las condiciones de este trabajo es posible producir embriones y crías del sexo deseado de forma eficiente a partir de hembras prepúberes de raza Holstein, mediante LOPU y PIV.

INTRODUCCIÓN.
Recientemente la producción *in vitro* de embriones (PIV) y la transferencia de embriones (TE) han tenido gran aplicación en los programas de mejoramiento genético en ganado bovino. Según los reportes de la Sociedad Internacional de Tecnologías de Embriones, la PIV alrededor del mundo ha crecido de manera importante en los últimos años, tan solo de 2020 a 2021 hubo un incremento de 31.5%, con 1.5 millones de embriones PIV. En el caso del ganado bovino la PIV ha desplazado de forma importante a la tecnología de ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET, como se conoce en inglés) debido a diversos factores.
Uno de los factores que ha permitido la aplicación mundial de la PIV es sin lugar a dudas el avance en una tecnología reproductiva conocida como aspiración folicular guiada por ultrasonido (OPU, en inglés), que permite la colección eficiente de ovocitos (óvulos) a partir de vacas donadoras vivas, siendo mínimamente invasiva y altamente repetible, sin afectar el bienestar animal. Otro factor es el uso del semen en forma más eficiente, ya que se puede utilizar semen congelado de diferentes toros para fertilizar grupos diferentes de ovocitos al mismo tiempo, principalmente en las donadoras que producen una gran cantidad de ovocitos.
Aunado a estas tecnologías se encuentra el uso cada vez más común de semen sexado (pre seleccionado para producir más machos, o más hembras). Este tipo de semen en los inicios de su desarrollo tenía algunas limitaciones, por ejemplo, solo se podía aplicar en inseminación artificial en vaquillas debido a que tenía una concentración de 2 millones de espermatozoides por dosis, además de que era más frágil comparado con el semen convencional (no sexado) de 20 o más millones de espermatozoides por dosis. En la actualidad el sexado espermático ya evolucionó, ha sido mejorado y ahora se conoce como Sexado ULTRA 4M, este semen tiene una concentración de 4 millones de espermatozoides por dosis y tiene resultados de gestación y de PIV muy similares a los que se obtienen al usar semen convencional o no sexado.
Por otra parte, en la actualidad las herramientas genómicas permiten conocer el potencial genético de los animales desde que nacen, con solo una muestra de sangre, esto es de gran relevancia ya

* *Salvador Romo García. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán, Estado de México. Email: sromo_99@yahoo.com Tel 55 1465 4208. Modalidad: Poster. Área: Reproducción.

que podemos saber con exactitud el potencial genético desde que los animales son muy jóvenes sin esperar a que tengan crías y estas se desarrollen y sean evaluadas.
Con el uso combinado de la OPU, la PIV, el semen sexado y las pruebas genómicas se pueden maximizar los recursos de la Reproducción Asistida y acelerar el mejoramiento genético. Sin embargo, un factor limitante era el tamaño de la pistola de aspiración, que no se puede emplear en animales prepúberes (becerras). Pero para resolver esta situación, en la década de los 90s se desarrolló la aspiración de ovocitos por laparoscopía (LOPU), esta es una técnica de mínima invasión, que desde entonces se ha perfeccionado y adaptado para su aplicación en animales domésticos, principalmente en borregas y cabras.
La técnica de LOPU tiene muchas ventajas sobre la técnica de OPU, como la visualización del ovario, lo cual permite que se pueda discrepar entre los folículos a aspirar, reduciendo el daño al estroma ovárico. La repetición de los procedimientos LOPU en la misma hembra no causa secuelas con impacto en la vida reproductiva de la hembra, incluso cuando se realiza en animales prepúberes. Una de las principales aplicaciones de la LOPU es en animales prepúberes y existen reportes de colección de ovocitos en hembras de 2 meses de edad. Mediante la aspiración de hembras prepúberes, se disminuye el intervalo generacional y con esto se acelera el mejoramiento genético. El objetivo de este trabajo fue evaluar la fertilidad de embriones producidos *in vitro,* obtenidos por aspiración laparoscópica o LOPU de becerras prepúberes de 3 meses de edad y fertilizados con semen sexado.

MATERIAL Y MÉTODOS.
Se utilizaron como donadoras de ovocitos tres becerras de 3 meses de edad de la raza Holstein, de un sistema semi-tecnificado familiar, ubicado en el estado de Jalisco.
Estimulación ovárica. El protocolo de estimulación fue el siguiente: 1) El día 0 del programa se colocó un dispositivo intravaginal para pequeños rumiantes, de 0.3 g de progesterona. 2) El día 2 se inició la aplicación de hormona Folículo Estimulante (FSH) cada 8 horas en 5 aplicaciones y se administró hormona Gonadotropina Coriónica equina (eCG) en la sexta aplicación (8 horas después de la quinta aplicación de FSH). 3) El día 5 se realizó la LOPU.
Aspiración de ovocitos por laparoscopía (LOPU). La LOPU se realizó bajo anestesia a nivel de campo, previa dieta de sólidos de 24 horas y agua de 12 horas. Una vez anestesiadas, las becerras donadoras de ovocitos se colocaron boca arriba en una camilla para inseminación artificial de borregas, se rasuró y se desinfectó la zona abdominal inmediatamente detrás de la glándula mamaria. Posteriormente se levantó la camilla con la cabeza de la hembra hacia abajo en un ángulo aproximado de 45-60 grados (Imagen 1). Se delimitó un área aproximada de 15 x 15 cm y se hicieron tres vías de acceso la cavidad (una para el endoscopio, otra para una pinza y otra para el instrumento de aspiración) (Imagen 2). Con una bomba de insuflación se introdujo gas CO_2 en la cavidad abdominal para facilitar la visualización de los ovarios. La punción para la aspiración de los folículos se realizó sujetando cada ovario con la pinza y girando en diferentes direcciones para ver toda la superficie del ovario y así puncionar todos los folículos de más de 5 mm de diámetro. El procedimiento se repitió en ambos ovarios y al terminar se lavaron los ovarios con solución salina fisiológica heparinizada.



Imagen 1. Posicionamiento de la becerra donadora en la camilla.

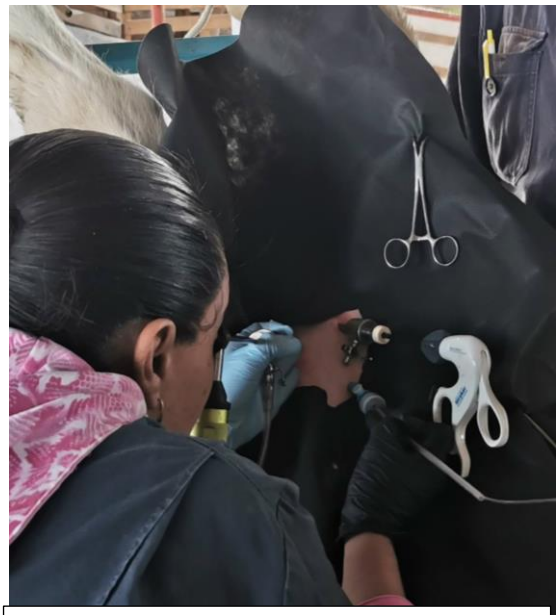


Imagen 2. Ubicación de las vías de acceso a la cavidad abdominal de la hembra.

Producción *in vitro* de embriones.

Maduración *in vitro.* Los ovocitos colectados fueron colocados para ser madurados en una solución o medio para Maduración *in vitro* (MIV), dentro de una incubadora con un ambiente controlado de 5% de CO_2 en aire, a 38.5°C, durante 24 horas.

Fertilización *in vitro.* Para fertilizar a los ovocitos con el semen deseado, después del periodo de maduración se utilizó semen Sexado (hembra) ULTRA 4M de un mismo toro (de raza Holstein) con eficiencia previamente probada para la PIV. Los ovocitos fueron fertilizados en gotas separadas según la donadora utilizada, en un medio para Fertilización *in vitro* (FIV) dentro de la incubadora con ambiente controlado de 5% de CO_2 en aire, a 38.5°C, durante 18 horas.

Cultivo *in vitro.* Al terminar el periodo de FIV, los ovocitos fertilizados (cigotos) fueron cultivados en un medio para desarrollo o Cultivo *in vitro* (CIV), en una incubadora con un ambiente de 5% de CO_2 y 5% de O_2, a 38.5°C. A las 56 horas de iniciado el CIV se evaluaron los porcentajes de embriones divididos y posteriormente permanecieron en incubación hasta el día 7 de CIV, cuando se evaluó el porcentaje de embriones obtenidos hasta la etapa de blastocistos.

Transferencia de embriones. Se obtuvieron en total 20 embriones de buena calidad, que al terminar su periodo de cultivo en la incubadora fueron evaluados bajo un microscopio estereoscópico y aquellos seleccionados fueron transferidos de inmediato a las vacas receptoras, utilizando una solución o medio modificado para hacer la transferencia en fresco. Se utilizaron 20 receptoras (raza Holstein) previamente sincronizadas y seleccionadas, que al día 7 después del celo presentaron un cuerpo lúteo activo y con alto nivel de irrigación sanguínea, evaluado por ultrasonografía.

RESULTADOS.

Se obtuvieron 18, 25 y 28 ovocitos viables de las donadoras 1, 2 y 3 respectivamente. Después de la fertilización, los porcentajes de divisiones fueron de 67% para la donadora 1, 72% para la donadora 2 y 71% para la donadora 3. Al día 7 de cultivo *in vitro*, la producción de blastocistos fue de 22.2%, 32% y 28.5% para las donadoras 1, 2 y 3. Se obtuvieron 4 blastocistos de la donadora 1, 8 de la donadora 2 y 8 de la donadora 3, los cuales fueron transferidos a 20 receptoras de entre 2 y 4 partos, previamente sincronizadas, sin antecedentes de falla reproductiva y sin anormalidades del tracto reproductor. El diagnóstico de gestación se llevó a cabo a los 22 días de gestación con ultrasonografía Doppler color y se reconfirmó a los 40 días de gestación (Imagen 3). Se diagnosticaron gestantes 10 de las 20 receptoras transferidas y nacieron 8 crías (todas hembras),

de las cuales una murió. De la donadora 1 se destetó una becerra (Imagen 4), de la donadora 2 se destetaron 4 becerras (Imagen 5) y de la donadora 3 se destetaron 2 becerras (Imagen 6). El Resumen de los resultados se muestra en la Tabla 1.



Imagen 3. Diagnóstico de gestación de receptoras.

TABLA 1. Resumen de los resultados de producción de embriones in vitro, Transferencia de Embriones (TE), gestaciones, nacimientos y destetes obtenidos a partir de becerras prepúberes expuestas a aspiración de ovocitos por laparoscopía (LOPU).

DONADORA	OVOCITOS	DIVISIONES		BLASTOCISTOS		TE	GESTACIONES 40 DÍAS	NACIDAS	DESTETADAS
	N	N	%	n	%				
1	18	12	67	4	22.2	4	2	2	1
2	25	18	72	8	32	8	5	4	4
3	28	20	71	8	28.5	8	3	2	2



Imagen 4. Donadora 1 con su hija destetada



Imagen 5. Donadora 2 con sus 4 hijas destetadas.



Imagen 6. Donadora 3 con sus 2 hijas destetadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Tomando en cuenta las condiciones de este trabajo, se obtuvieron resultados aceptables en la producción de embriones in vitro, en los porcentajes de gestaciones y nacimientos por transferencia de embriones, así como en los destetes a partir de becerras prepúberes expuestas a LOPU. Además, se obtuvieron resultados excelentes en la proporción de sexos de las crías (100% hembras). Se puede concluir que es posible producir embriones y crías del sexo deseado de forma eficiente a partir de hembras prepúberes mediante LOPU-PIV en la raza Holstein. Se requiere de más investigación para desarrollar un protocolo de estimulación ovárica con menos inyecciones, que lo haga más práctico. Por otra parte, se requiere realizar más proyectos de investigación para evaluar los resultados que puedan obtenerse al aplicar las técnicas de LOPU-PIV en becerras de razas de ganado bovino productor de carne.

LITERATURA CITADA.

- Alecho RA, Nacib JNP, Moreli GR, Baldassarre H. Comparison of commercial results between Ovum Pick-Up (OPU) in angus vs. Laparoscopic Ovum Pick-Up (LOPU) in calves of the same breed and their zebu crosses. ASPRA-VII Congress. SPERMOVA. 2018. 6(1): 111
- Armstrong DT, Holm P, Irvine B, Petersen BA, Stubbings RB, McLean D, Stevens G, Seamark RF. Pregnancies and live birth from *in vitro* fertilization of calf oocytes collected by laparoscopic follicular aspiration. Theriogenology. 1992. 38(4):667-78. doi: 10.1016/0093-691x(92)90029-q.
- Baldassarre H, Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Mondadori RG, Glanzner WG, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P,

Gourdon J, Bordignon V. Interval of gonadotropin administration for *in vitro* embryo production from oocytes collected from Holstein calves between 2 and 6 months of age by repeated laparoscopy. Theriogenology. 2018. 116:64-70. doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.05.005.

- Currin L, Baldassarre H, Bordignon V. *In Vitro* Production of Embryos from Prepubertal Holstein Cattle and Mediterranean Water Buffalo: Problems, Progress and Potential. Animals (Basel). 2021. 11(8):2275. doi: 10.3390/ani11082275.
- Currin L, Michalovic L, Bellefleur AM, Gutierrez K, Glanzner W, Schuermann Y, Bohrer RC, Dicks N, da Rosa PR, De Cesaro MP, Lopez R, Grand FX, Vigneault C, Blondin P, Gourdon J, Baldassarre H, Bordignon V. The effect of age and length of gonadotropin stimulation on the *in vitro* embryo development of Holstein calf oocytes. Theriogenology. 2017. 104:87-93. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.08.011.
- Locatelli Y, Vallet JC, Huyghe FP, Cognié Y, Legendre X, Mermillod P. Laparoscopic ovum pick-up and *in vitro* production of sika deer embryos: effect of season and culture conditions. Theriogenology. 2006. 66(5):1334-42. doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.05.005
- Michalovic L, Currin L, Gutierrez K, Bellefleur AM, Glanzner WG, Schuermann Y, de Macedo MP, Bohrer RC, Dicks N, Lopez R, Taibi M, Madogwe E, St-Yves A, Mondadori RG, Gourdon J, Vigneault C, Baldassarre H, Bordignon V. Granulosa cells of prepubertal cattle respond to gonadotropin signaling and upregulate genes that promote follicular growth and prevent cell apoptosis. Mol Reprod Dev. 2018. 85(12):909-920. doi: 10.1002/mrd.23066.
- Viana J.H.M. 2022. 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. Embryo Technology Newsletter – IETS, 40 (4): 22-40

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES CLONADOS POR TRANSFERENCIA NUCLEAR INTERESPECIES (BOVINO-OVINO).

Aguilar CH.I[1]., Romo G.S[2*], Manzanares M.N[3]., Vázquez A.J.R[1]., Trejo C.A[1]., Ambriz G.D.A[1]., Navarro M.M.C[1].

[1] Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, CDMX [2] Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán, Estado de México. [3] CIPA, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo Léon.

*

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la Transferencia Nuclear de Células Somáticas Interespecies (TNCSI) entre bovino y ovino. Primero se generaron cultivos primarios de células somáticas a partir de una vaca de raza Simbrah propiedad de la UANL, seleccionada con base en su conformación y características productivas sobresalientes. De este ejemplar, ubicado en el municipio de Linares, N.L, se tomaron 3 muestras de piel y se trasladaron por 13±2 h, a la CDMX en medio de cultivo DMEM 10%. Las muestras fueron procesadas por 2 métodos diferentes: disgregación enzimática (con enzimas degradadoras de la matriz extracelular), obteniendo promedios de 2,655,000±1629 células en 3 mL de medio de cultivo recuperado, y mediante disgregación mecánica (fragmentación manual de la muestra en porciones más pequeñas), obteniendo promedios de 2,936,000±1713 células en 3 mL de medio de cultivo recuperado. El tiempo necesario para lograr resultados con el método enzimático fue de 9.3± 5.1 d y para el método mecánico de 10.6±8.6 (p>0.05) d. Posteriormente se aspiraron ovocitos a partir de ovarios de hembras ovinas sacrificadas en el rastro: de 169 ovarios se obtuvieron 232 ovocitos rodeados de un mínimo de 4 capas de células del cúmulo, que fueron sometidos a maduración *in vitro.* De estos, se recuperaron 90 ovocitos maduros (39% del total de la muestra). Se tomaron grupos de dos ovocitos enucleados (técnica Hand Made Cloning) para utilizarse como citoplastos y como carioplasto se usó una célula somática obtenida de la vaca Simbrah. Con estos grupos de 3 células (tripletes) se llevó a cabo la fusión mediante impulsos eléctricos, obteniendo 44 tripletes fusionados, con un 97% de recuperación. De manera simultánea se procedió a la generación de embriones partenogenéticos ovinos, para ser utilizados como controles. Los resultados obtenidos en cuanto a segmentación, fragmentación y desarrollo embrionario hasta mórula se muestran en las Tablas 1 y 2. Se concluye que el estado de las células y las técnicas utilizadas fueron óptimos para llevar a cabo con éxito la técnica de TNCSI. Las células utilizadas presentaron capacidad biológica para alcanzar el estadio de mórulas a partir de las técnicas utilizadas, en especial de la des-diferenciación que sufrieron después del estímulo eléctrico que les fue aplicado.

Tabla 1. Tasas de segmentación y fragmentación de embriones producidos por Transferencia Nuclear de Células Somáticas Interespecies (n=44) y de embriones partenogenéticos de ovino (n=40) *in vitro*.

	Embriones n	Tasa de segmentación n (%)	Tasa de fragmentación n (%)
TNCSI	44	24 (55%)	20 (45%)
Partenogenéticos	40	26 (65%)	14 (35%)

* Salvador Romo García. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cuautitlán, Estado de México. Email: sromo_99@yahoo.com Tel 55 1465 4208.

Tabla 2. Tasas de desarrollo de embriones producidos por Transferencia Nuclear de Células Somáticas Interespecies (n=24) y de embriones partenogenéticos de ovino (n=26) cultivados *in vitro*.

¤	Embriones n ¤	4-6 células n (%) ¤	8—10 células n (%) ¤	12—14 células n (%) ¤	Mórulas >16 células n (%) ¤	Blastocistos n (%) ¤
TNCS ¤	24 ¤	3 (12%) ¤	4 (17%) ¤	6 (25%) ¤	11 (46%) ¤	0 (0%) ¤
Partenogenéticos ¤	26 ¤	2 (8%) ¤	1 (4%) ¤	4 (15%) ¤	5 (19%) ¤	14 (54%) ¤

PROLAPSO UTERINO DE UNA VACA EN LA COMUNIDAD DE MALDONADO, MUNICIPIO DE CUAJINICUILAPA, GRO.

Paz Urban E., Añorve Nicolás LF., Marcial Jiménez GR., Lobato NavaCR., Mayo Gallardo A.

INTRODUCCION

El prolapso uterino es el cambio de la posición del útero, que sucede en el posparto inmediato o durante las primeras horas del puerperio, se produce una eversión y exteriorización a través de la vagina y vulva, quedando la mucosa uterina expuesta al exterior (Rutter, 2008), ocurre cuando el cuello uterino está abierto, ha perdido tono y los ligamentos y músculos uterinos están bastante distendidos (Silva et al, 2011), incluso puede ocurrir en hembras vacías, afectando con mayor frecuencia a vacas mayores de dos años de edad (Alves et al, 2013), en rumiantes involucra toda la pared y a veces la vejiga (Shaefers-Okkens, 2001).

Dentro de los factores dietéticos que predisponen al desarrollo del prolapso vaginal se encuentran los forrajes de mala calidad y los alimentos con alto contenido estrogénico, como lo son las legumbres y la harina de soja (Patel et al., 2018). Los factores de riesgo individual según Miesner y Anderson (2008) son la obesidad, tos crónica, esfuerzos crónicos para orinar y defecar que generan un aumento en la presión intraabdominal (PIA) lo que conllevará al prolapso vaginal que en ocasiones puede ir acompañado de prolapsos rectales.

Según Ávila & Cruz, (2007) el prolapso uterino se puede observar antes o después del parto; esta patología es de suma importancia para las ganaderías ya que por lo general los animales que sufren de prolapso vaginal deben ser sacrificados después del destete del ternero si el animal está en gestación (Miesner & Anderson, 2008). Esta consecuencia se observó en los estudios de la estación experimental de ganadería de los Estados Unidos en Montana con bovinos de raza Hereford, en los que se asegura que de 7859 partos que se dieron entre los años 1935 a 1954 se presentaron 93 casos de prolapsos, con una incidencia del 1.2%, de los cuales 71 fueron prolapsos vaginales y 22 prolapsos uterinos; los animales que sobrevivieron fueron sacrificados durante el año en que presentaban la anomalía; concluyendo un 68% en casos de prolapso uterino y del 18% en prolapsos vaginales (Woodwap, 1954).

Existen dos tipos de prolapso, el incompleto y el completo, en el incompleto el útero aparece por entre los labios de la vulva, se ve una tumoración redondeada o cilíndrica, con la mucosa enrojecida por el roce de la cola y el amoníaco de la orina; y el prolapso completo, cuando la parte prolapsada, con su mucosa vuelta hacia afuera, tiene una forma de pera, y en el animal de pie puede llegar al corvejón o más distal (Urrutia et al, 2017).

El tratamiento a emplear en estos casos depende de los resultados de la inspección general y particular, evaluando el estado del animal y del útero evertido, usualmente 1 involucra procedimientos de limpieza y antisepsia y la reubicación del órgano en la cavidad o la amputación en casos donde se ve comprometida la vida del animal (Sheldon, 2004).

REPORTE DE CASO

ANAMNESIS

Vaca de aproximadamente 4 años de edad, cruza de Pardo Suizo con Brahmán (Figura 1), en su segunda gestación, propiedad del rancho DECO ubicado en la comunidad de Maldonado, municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, la vaca se encuentra en un lote de 28 vacas en libre pastoreo, el día 29 de abril el vaquero del rancho reporto al propietario de una vaca con un cuerpo extraño colgado de la vagina, a lo que posteriormente se le dio aviso al dueño



Figura 1

HALLAZGOS CLÍNICOS

Al realizar el examen clínico general se observó la exposición del cérvix a través de los labios vulvares (Figura 2), se evalúa la vaca con condición corporal de 3/5, muy nerviosa, frecuencia cardiaca de 86 latidos por minutos, frecuencia respiratoria 35 respiraciones por minutos, temperatura de 39.0°c y movimientos ruminales de 2/min.



Figura 2

APROXIMACION TERAPEUTICA

Para reacomodar el tracto reproductivo expuesto en la cavidad pelviana, el tratamiento médico-quirúrgico se basa en un bloqueo anestésico intercoxígeo a nivel de la vértebra coxígea 2-3, con una inyección epidural baja, utilizando una aguja calibre 1,2mm de 40mm (18G por 1 ½") y una jeringa cargada con 5ml de lidocaína al 2% que fueron inyectados, previa desinfección de la zona con alcohol etílico al 70%.

Al aplicar el anestésico local se esperó 5 minutos mientras se obtenía el efecto indicado. Posteriormente se realizó un lavado con el fin de eliminar toda la suciedad alojada en la mucosa vaginal expuesta y minimizar la posibilidad de laceraciones, así como hidratar el tejido expuesto al ambiente, lo cual fue realizado con 2 litros de cloruro de sodio al 0,9%.

Con la vaca de pie, se procede a reacomodar el tracto reproductor, para ello tuvimos que lubricar con ambas manos, para tratar de lesionar lo menos posible el endometrio, posteriormente colocamos el útero a nivel de la vulva, la reintroducción se inició empujando suavemente con el uso de las palmas de las manos colocadas sobre las áreas más cercanas a los labios vulvares, se introduce poco a poco el aparato reproductor, maniobrando de forma circular y manteniendo siempre la fuerza para reintroducirlo para evitar que durante una contracción abdominal de la vaca se volviera a prolapsar. Se cuida que nuestras manos maltraten lo menos posible el aparato y así no dañarlo o contaminarlo con heces.

Siguiendo con el procedimiento se realizó el lavado de la zona con 1.5 litros de cloruro de sodio al 0.9 %, se procedió a limpiar con gasas y realizar el embrocado quirúrgico en los labios vulvares, procedimiento que fue realizado con alcohol al 70% y yodo. Al momento de realizar la sutura no se contaba con el material requerido para la intervención, de manera que se fabrica la sutura con una aguja 18G de 1 ½ con nylon de calibre 0.80m; a su vez se dispone de un venoclisis estéril con el cual se realizaron los capitones para la sutura discontinua (Halstead) que se implementó en el abordaje quirúrgico, los capitones, instrumental y la sutura fueron sumergidos en yodo diluido en agua durante unos 15 minutos. Se realizaron tres puntos simples discontinuos horizontales, a 3 cm de la pared de la vulva, apretando moderadamente para reducir la apertura vulvar (Figura 3), teniendo en cuenta que quedaran lo más distal posible a los labios vulvares para evitar el desgarre del tejido y que ocurriera nuevamente el prolapso.

Como método preventivo se administró antibiótico con penicilina procaínica/estreptomicina a una dosis de 200.000 U. I /200 mg, vía intramuscular (IM) cada 24 horas durante 5 días, además optamos por un aplicar un antiinflamatorio a base de Flunixin Meglumine al 5%, dosis de 1.1mg/kg, vía IM cada 24 horas por 3 días, y se aplicaron 40 ml de oxitetraciclina vía intrauterina diluida en 2L de Cloruro de sodio al 0,9%. Posterior al tratamiento se dejó a la vaca en un potrero para el seguimiento diario del tratamiento, con disponibilidad de pastura y sin otros animales que la que puedan perjudicar el tratamiento. El paciente bovino evolucionó satisfactoriamente sin mostrar ningún signo de alerta, el edema vulvar se mostró muy leve y conservó la capacidad de poder orinar, los puntos se dejaron de 8-10 días para poder observar si no se pudiese exponer nuevamente el útero. Pasado los días, una vez recuperado el animal, y terminada la terapia antibiótica se introdujo a un potrero con becerras en edad de un año para evitar ser montada por alguno de los toros de cría y pudiera lesionarse.



Figura 3

DISCUSIÓN

El diagnóstico de prolapso del útero es de observación y fácil de describir, ya que se visualiza dramáticamente una masa grande y enrojecida de útero evertido (Miesner et al, 2008), que para el presente caso, con ayuda de la exploración clínica fácilmente se identificó como un prolapso uterino incompleto o de cérvix, caracterizado por que la vagina y el cérvix prolapsados se encontraban con su mucosa vuelta hacia afuera, que además se consideró sin complicaciones por cuanto no presentó laceraciones 1 circunferenciales, hemorragias, ni vísceras en su interior.

Es importante que luego de realizar la corrección del prolapso, se realice una sutura en la vulva para evitar que se vuelva a presentar, y para esto generalmente son utilizadas la sutura de Bühner y la de colchonero en U horizontales.

El cuidado pos-operatorio dejando tranquilo al animal y evitando movilizarlo, fue importante para su recuperación ya que la ruptura de los vasos uterinos con la consecuente hemorragia que lleva rápidamente al shock y la muerte, puede ocurrir cuando no se dan estas condiciones en un animal con este padecimiento.

CONCLUSION

Existen varias situaciones de emergencia real que uno puede encontrar en la práctica, ante las cuales se debe estar preparado. El prolapso uterino es una de ellas. El mantenerse actualizado permite afrontarlas de una manera distinta y modificar técnicas utilizadas anteriormente para prestar un mejor servicio.

La edad de la vaca, mal manejo alimenticio que produzca una afección como la hipocalcemia y el tamaño de la cría, son algunos de los factores que pueden desencadenar un prolapso.

La información recopilada en este trabajo proporciona una herramienta más a considerar por el clínico veterinario de grandes animales en relación a la presentación de los prolapsos uterinos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, J., & Cruz, E. (2007). Prolapso vaginal y prolapso uterino.

Alves, M., Benesi, F., Gregory, L., Della, A., Sucupira, M., Y Pogliani, F. 2013. Prolapso vaginal e uterino en ovejas. Pesqui Veterinária Bras [Internet]. 2013 Feb [cited 2018 Jun 14]; 33(2):171–6.

Miesner, M. D., & Anderson, D. E. (2008). Management of Uterine and Vaginal Prolapse in the Bovine. Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice, 24(2), 409–419. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.02.008

Schaefers; Okkens, A,C. 2001. Vaginal edema and vaginal fold prolapse in the bitch, including surgical management. Department of Clinical Sciences of Companion Animals, Faculty of Veterinary Medicine, University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands.

Sheldon, I.M; Barrett, D.C; Boyd, H. (2004). The Postpartum Period. pp 514- 515. En: Bovine Medicine Diseases and Husbandry of cattle, 2da ed., Ed. Blackwell Publishing, Iowa State Press, Iowa, USA

Silva, T., Rocha, R., Silva, M., Y Resende, F. (2011). Prolapso de cérvix, vagina e útero en vacas. Marzo 2020, de PUBVET.

Rutter, B. (2008). Obstetricia y neonatología bovina. pág. 108-109.

Urrutia, J; Insaugarat, J.R; Moscuzza, C.H. (2017). Complicaciones del parto y postparto en la hembra bovina. Febrero de 2020, de UNCPBA

Woodwap, R. R. (1954). A STUDY OF VAGINAL AND U T E R I N E PROLAPSE I N United States Department of Agriculture of the vagina and uterus constitutes a serious problem D a t a and Discussion ment Station at Miles City , Montana , under cooperative projects with. 119–124.

INSEMINACIÓN VAGINAL CON CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA EN OVEJAS SINCRONIZADAS CON PROGESTERONA NATURAL O SINTÉTICA

*MEJÍA V.O., ZAMORA G.C., FLORES S.C., DOMÍNGUEZ G.I., ZARCO Q.L.

Resumen. Se inseminaron vaginalmente 73 borregas que fueron divididas en cuatro grupos: CAPSCIDR (n=19), CAPSESP (n=19), TRADCIDR (n=19) y TRADESP (n=16). Las borregas de los grupos CAPSCIDR y TRADCIDR se sincronizaron con CIDR´s con 300 mg de progesterona natural y las de los grupos CAPSESP y TRADESP con esponjas con 20 mg de acetato de fluorogestona. En todos los grupos los dispositivos permanecieron 10 días y a su retiro se administraron 200 UI de eCG. La primera inseminación se realizó entre las 48-50 horas posteriores al retiro del dispositivo vaginal y de administrada la eCG, mientras que la segunda entre las 56-58 horas. Para cada borrega de los grupos CAPSCIDR y CAPSESP se usó una cápsula de gel de celulosa que contenía 1.0 ml de semen enfriado a 5°C a una concentración de $700x10^6$ y que fue introducida mediante un aplicador para crema vaginal, estando las borregas de pie. Las borregas de los grupos TRADCIDR y TRADESP fueron colocadas en un potro de inseminación para elevarles el tren posterior y en cada una se usaron dos pajillas de plástico de 0.5 ml con semen frío a una concentración de $350x10^6$, insertadas en una pistola de inseminación y aplicadas a través de un vaginoscopio con luz. Para evaluar la técnica de inseminación con cápsulas de gel o tradicional en ovejas sincronizadas con progesterona natural o sintética, se compararon el Índice de Concepción (pruebas Exacta de Fisher o Xi^2) y el Número de Crías por Oveja Inseminada (prueba de Kruskall Wallis). Para los grupos CAPSCIDR, CAPSESP, TRADCIDR y TRADESP los índices de concepción fueron de 36.84%, 15.79%, 26.32% y 18.75%, respectivamente, sin que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estos valores (p=0.46). El índice de concepción entre borregas inseminadas con cápsulas de gel (26.32%) o tradicionalmente (22.86%), no fue estadísticamente diferente (p=0.72); tampoco lo fue entre las sincronizadas con CIDR (31.58%) o esponja (17.14%) (p=0.46). El número de crías por oveja inseminada fue de 0.42, 0.21, 0.37 y 0.38 para los grupos CAPSCIDR, CAPSESP, TRADCIDR y TRADESP, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre estos valores (p=0.79). El índice de concepción fue superior en las ovejas sincronizadas con progesterona natural, independientemente de si fueron inseminadas con cápsulas de gel o de manera tradicional, pero no se detectaron diferencias estadísticas en sus valores, lo que puede deberse al reducido número de hembras utilizado. El empleo de semen envasado en cápsulas de gel permite plantear el establecimiento y desarrollo de una técnica vaginal de mínima invasión, que no ha sido usada previamente en rumiantes pequeños y que no requiere equipo o instrumental sofisticado.

Introducción. Tanto la inseminación vaginal como la cervical se usan actualmente en países como Argelia, Australia, Egipto, Francia, Irlanda, Irán, Marruecos, Noruega o Sudán, que promueven decididamente que los propios criadores sean los encargados de inseminar sus animales (Paulenz et al, 2003; Nordstoga et al, 2011; Alloui et al, 2014; El Amiri y Druart, 2014).

Para la sincronización del estro en las borregas a inseminar artificialmente se usan progesterona (P4) natural o sintética por periodos similares a la duración del diestro (Dos Santos et al, 2015). En México, es común la inserción vaginal de una esponja de poliuretano con 20 mg de la progesterona sintética acetato de fluorogestona (FGA) o de un dispositivo de nylon siliconizado con 300 mg de progesterona natural, llamado CIDR y a su retiro, la inyección intramuscular de 100 a 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG); favoreciendo una rápida estimulación del desarrollo folicular, la compactación en la presentación de los estros que ocurrirán dentro de las 48 horas posteriores al retiro del dispositivo vaginal y de aplicada la eCG, mientras que la ovulación se presentará alrededor de 20-24 horas después del inicio del estro (Maxwell, 1986; Viñoles et al, 2001; Uribe-Velásquez et al, 2008). Sin embargo, se considera que el uso de dispositivos vaginales con progesterona, principalmente sintética, sumada a la posible presencia de progesterona endógena, puede ser uno de los factores que afecta la fertilidad de las hembras con semen que les es depositado vaginal o

* *Octavio Mejía Villanueva. CEIEPO, FMVZ-UNAM. Carr. Fed. México-Cuernavaca km 53.1. Tres Marías, Morelos. CP. 62515. 7393930616. omejia@unam.mx

cervicalmente (Blaschi et al, 2014).
La sincronización con progesterona modifica el moco cervical haciéndolo menos abundante, más espeso y con una conformación reticular que puede alterar el paso de los espermatozoides (Abril-Parreño et al, 2021); al acidificar el PH vaginal les crea un ambiente adverso (Robinson et al, 1970; Hawk y Conley, 1975; Wessel et al, 2004) y a nivel de oviducto, al modificar las células epiteliales y el movimiento de sus cilios puede afectar el transporte tanto del ovocito como de los espermatozoides (De Vargas et al, 1975; Satir y Sleigh, 1990).
Además, como el cérvix de las borregas está estructurado por pliegues o anillos transversales incompletos, interpuestos caudalmente uno frente a otro, es sumamente difícil el atravesarlos completamente con una pipeta o pistola de inseminación (Falchi et al, 2012; Bartlewski y Candappa, 2015), por lo que es comprensible el reemplazo de los intentos de inseminación vaginal, cervical y transcervical por el depósito intrauterino del semen por laparoscopía, que origina una fertilidad consistente, de entre 30 a 50% con semen congelado y difícilmente menor al 50% con semen fresco (Masoudi et al, 2017; Mejía et al, 2019), pero como esta última técnica implica una cirugía, su uso en los rumiantes pequeños no se ha extendido en nuestro país.
Si bien al inicio se propuso que estas técnicas se realizaran a tiempo fijo sin detectar calores y a las hembras se les inseminara en una sola ocasión, entre las 56 y las 60 horas de retirada la P4 y de aplicada la eCG (Corteel, 1975; Maxwell, 1984; Maxwell y Barnes, 1986; Corteel et al, 1988); posteriormente se estableció el realizar una doble inseminación, generalmente la primera entre las 48-50 horas y la segunda entre las 56-58 horas, para en teoría favorecer tanto la fertilidad como la prolificidad (Evans y Maxwell, 1990; Paulenz et al, 2003; Richardson et al, 2012; Casali et al, 2017). Esta doble inseminación se volvió parte del "protocolo tradicional", pero como el trabajo a realizar se multiplica, en ocasiones ha sido considerada inviable en términos prácticos (Cáceres y Mogollón, 2020).
Entonces, si se contara con un "envase" diferente para contener el semen, que favoreciera su conservación por enfriamiento o congelación y que pudiera ser depositado vaginalmente sin ayuda de equipo e instrumental especializado, la técnica de inseminación vaginal "tradicional" podría ser modificada para ser realizada en repetidas ocasiones en la misma hembra, reduciendo el estrés que causaría un excesivo manejo.
Actualmente, muchos de los medicamentos para uso humano son envasados en cápsulas de gel para ser administradas oralmente, ya que las cápsulas enmascaran sabores desagradables y aseguran una rápida absorción a nivel gástrico o intestinal (Juhl y Blaug, 1973; Gato, 1995; Capsugel, 2019). Las cápsulas pueden ser blandas o duras y comúnmente las blandas se utilizan para contener o encapsular líquidos o aceites viscosos o semiviscosos, pero son elaboradas industrialmente y llenadas al mismo tiempo que una máquina automatizada las va termoformando; mientras que las cápsulas duras, si bien son producidas y llenadas industrialmente con medicamentos o productos granulados o en polvo, también pueden ser llenadas manualmente mediante el empleo de pequeñas envasadoras caseras y en el caso de contener líquidos, con jeringas o pipetas.
Las cápsulas duras están formadas por un cuerpo y por una cabeza que se inserta en el cuerpo para su cerrado hermético. Están elaboradas con "gel o gelatina", las de origen animal se producen con colágeno obtenido de huesos o piel, mientras que las de origen vegetal son elaboradas con hidroxipropilmetilcelulosa (hipromelosa o HPMC), la cual es un polímero natural formado por unidades de glucosa (Gato, 1995; Gullapalli y Mazzitelli, 2017). El empleo de cápsulas duras de gel de colágeno, fue reportado para el envasado y el enfriamiento de semen bovino, así como para su depósito vaginal o intracervical en vacas productoras de leche (Davis et al, 1940 y Merkt et al, 1966, citados por Thanawala et al, 1988).

En el presente trabajo se propone el uso de cápsulas de gel de celulosa para el envasado de semen y su depósito vaginal en borregas domésticas, mediante una técnica de mínima invasión y sincronizadas con progesterona natural o sintética.

Material y Métodos. El trabajo se realizó en el CEIEPO de la FMVZ-UNAM y en el Texcal Alto, en el Estado de Morelos (México), durante los meses de agosto a octubre (2021). Se utilizaron 73 borregas de las razas Hampshire, Suffolk, Dorset, Katahdin y cruzas de Katahdin, con edades de entre 2 y 7 años, que fueron divididas en cuatro grupos para su sincronización e inseminación vaginal: inseminación con cápsulas y sincronización con CIDR´s (CAPSCIDR, n=19), inseminación

con cápsulas y sincronización con esponjas (CAPSESP, n=19), inseminación tradicional y sincronización con CIDR´s (TRADCIDR, n=19) e inseminación tradicional y sincronización con esponjas (TRADESP, n=16).
Las borregas de los grupos CAPSCIDR y TRADCIDR se sincronizaron con CIDR´s con 300 mg de progesterona natural y las de los grupos CAPSESP y TRADESP con esponjas con 20 mg de acetato de fluorogestona. En todos los grupos los dispositivos permanecieron 10 días y a su retiro se administraron intramuscularmente 200 UI de eCG (Dos Santos et al, 2015, Mejía et al, 2019).
La primera inseminación se realizó entre las 48-50 horas posteriores al retiro del dispositivo vaginal y de administrada la eCG, mientras que la segunda entre las 56-58 horas de retirado el dispositivo y administrada la gonadotropina (Evans y Maxwell, 1990; Paulenz et al, 2003; Richardson et al, 2012; Casali et al, 2017).
La inseminación vaginal de los grupos CAPSCIDR y CAPSESP, se realizó con las borregas en pie y sujetadas por una persona, mientras otra colocaba en un aplicador de plástico para cremas vaginales, una cápsula de gel de celulosa que contenía 1.0 ml de semen enfriado a 5°C a una concentración de $700x10^6$. Previa limpieza de los labios vulvares y lubricación con gel a base de agua, el aplicador se introdujo gentilmente y la cápsula fue depositada.
También previa limpieza y lubricación, las borregas de los grupos de "inseminación tradicional" TRADCIDR y TRADESP fueron sujetadas de los miembros posteriores por dos personas y colocadas en una base de inseminación para levantarles el tren posterior y ahí mantenerlas; mientras otra las detenía por la cabeza y una persona más insertaba en una pistola metálica de inseminación, la primer pajilla de plástico y posteriormente la segunda, de 0.5 ml con semen frío a una concentración de $350x10^6$ y la cubría con su respectiva funda. Cada dosis de semen fue aplicada a través de un vaginoscopio con luz (Evans y Maxwell, 1990).
El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía de imagen y tiempo real entre los días 35 a 40 post inseminación (Bretzlaff et al, 1993) y al parto se contaron el total de crías nacidas.
Para evaluar la técnica de inseminación con cápsulas de gel o tradicional, en ovejas sincronizadas con progesterona natural o sintética, se compararon entre grupos el Índice de Concepción empleando pruebas Exacta de Fisher o de Xi^2, mientras que para el Número de Crías por Oveja Inseminada se utilizaron pruebas de Kruskall Wallis (Ducoing, 2016). Los análisis se realizaron con el programa VassarStats (©Richard Lowry 2001-2023).

Resultados. Para los grupos CAPSCIDR, CAPSESP, TRADCIDR y TRADESP los índices de concepción fueron de 36.84%, 15.79%, 26.31% y 18.75%, respectivamente, sin que se encontraran diferencias estadísticamente significativas entre estos valores (p=0.46) (CUADRO 1). El número de crías por oveja inseminada fue de 0.42, 0.21, 0.37 y 0.37 para los grupos CAPSCIDR, CAPSESP, TRADCIDR y TRADESP, respectivamente, no fue estadísticamente diferente (p=0.79) (CUADRO 1).
El índice de concepción entre borregas inseminadas con cápsulas de gel (26.32%) o tradicionalmente (22.86%), no fue estadísticamente diferente (p=0.72) (CUADRO 2). Tampoco entre las sincronizadas con progesterona natural (31.58%) o sintética (17.14%) (p=0.46) (CUADRO 3).

CUADRO 1. INSEMINACIÓN VAGINAL CON CÁPSULAS O TRADICIONAL EN BORREGAS SINCRONIZADAS CON P4 NATURAL O SINTÉTICA

GRUPO	INSEMINADAS	ÍNDICE DE CONCEPCIÓN (%)	CRÍAS POR HEMBRA INSEMINADA
CAPSCIDR	19	**36.84** [a] (7/19)	**0.42** [a] (8/19)
CAPSESP	19	**15.79** [a] (3/19)	**0.21** [a] (4/19)
TRADCIDR	19	**26.31** [a] (5/19)	**0.37** [a] (7/19)
TRADESP	16	**18.75** [a] (3/16)	**0.37** [a] (6/16)

[a] Entre grupos, índices de concepción (p=0.46) o número de crías por borrega inseminada (p=0.79), no son estadísticamente diferentes.

CUADRO 2. INSEMINACIÓN VAGINAL CON CÁPSULAS DE GEL O TRADICIONALMENTE

GRUPO	INSEMINADAS	ÍNDICE DE CONCEPCIÓN (%)
INSEMINACIÓN CON CÁPSULAS	38	**26.32** [a] (10/38)
INSEMINACIÓN TRADICIONAL	35	**22.86** [a] (8/35)

[a] No hay diferencias estadísticas entre estos valores (p=0.72).

CUADRO 3. INSEMINACIÓN VAGINAL EN BORREGAS SINCRONIZADAS CON P4 NATURAL O SINTÉTICA

GRUPO	INSEMINADAS	ÍNDICE DE CONCEPCIÓN (%)
SINCRONIZACIÓN CON CIDR	38	**31.58** [a] (12/38)
SINCRONIZACIÓN CON ESPONJAS	35	**17.14** [a] (6/35)

[a] Sin diferencias estadísticas entre estos valores (p=0.46).

Discusión y Conclusiones.

Los porcentajes de fertilidad obtenidos en pequeños rumiantes utilizando la inseminación vaginal o cervical varían ampliamente, se encuentran entre el 10 y el 50% (pueden ser del 0 %), pero normalmente no son superiores al 30% y (Salamon y Lightfoot, 1970; Nordstoga et al, 2011; Masoudi et al, 2017). Esta amplia variación en los resultados se considera que es la principal razón por la que dejaron de utilizarse estas técnicas (Cáceres y Mogollón, 2020). La realización de una doble inseminación con diferencia de algunas horas entre éstas, al incrementar el número de espermatozoides depositados y al acercarse a los tiempos en los que puede ocurrir la ovulación, pudiera favorecer la fertilidad y el número de corderos nacidos, pero el trabajo a realizar se duplica y puede no ser viable en términos prácticos (Evans y Maxwell, 1990; Paulenz et al, 2003).

En el presente trabajo todas las borregas fueron inseminadas vaginalmente en dos ocasiones, tratando de realizarlas teóricamente, poco antes y alrededor de la ovulación, la primera se realizó entre las 48-50 horas de retirada la progesterona y administrada la eCG y la segunda entre las 56-58 horas, pero a pesar de esto los índices de concepción se ubican entre el 15 y el 35% (cuadros 1 a 3), esto es, similar a los reportes de numerosos trabajos realizados previamente (Robinson et al, 1970; Salamon y Lightfoot, 1970; Paulenz et al, 2003; Evans y Maxwell, 2009; Casali et al, 2017; Masoudi et al, 2017;).

Los dispositivos vaginales con progesterona se utilizan para sincronizar el celo de las borregas que recibirán monta natural o que serán inseminadas intrauterinamente por laparoscopía, sin que sea afectada la fertilidad (Martínez et al, 2006), pero esto puede no ser así cuando la inseminación es vaginal o cervical. Se conocen los efectos detrimentales que sobre el transporte de los gametos, a lo largo del aparato reproductor de las hembras, origina el uso de la progesterona, principalmente de la sintética como el FGA usado en el presente trabajo. A pesar de que el índice de concepción fue superior en las ovejas sincronizadas con progesterona natural, independientemente de si fueron inseminadas con cápsulas de gel o de manera tradicional (cuadros 1 y 3), no se detectaron diferencias estadísticas en este parámetro, lo que puede deberse al reducido número de hembras utilizado.

En el caso de los rumiantes pequeños, se conoce que mientras más profundo se haga el depósito del semen dentro del aparato reproductor de la hembra, menor será la cantidad de espermatozoides a aplicar, entonces, las dosis de semen fresco, frío o congelado, cuyos volúmenes pueden ser de entre 0.25 ml y 1.0 ml, contienen entre 200 y 300 millones ($x10^6$) para la inseminación vaginal; entre

100 a 150x10^6 para la inseminación cervical y entre 20 a 100x10^6, para la intrauterina (Paulenz et al, 2003; Nordstoga et al, 2011; Mejía et al, 2019). En el presente trabajo las borregas se inseminaron en cada ocasión con una alta concentración espermática, 700x10^6, lo que en términos prácticos puede ser muy complicado, sobre todo en las ocasiones en que los sementales eyaculen concentraciones y volúmenes de semen inferiores al promedio o cuando las hembras a inseminar sean numerosas.

Debido a que la degradación de las cápsulas de gel depende principalmente de la temperatura del sitio al que llegan o de la temperatura de su contenido (Gato, 1995; Gullapalli y Mazzitelli, 2017), se decidió el empleo de semen previamente enfriado a 5°C en un refrigerador doméstico. Esta práctica también permite que el semen recolectado una vez diluido, mantenga su viabilidad por un mayor periodo de tiempo (Salamon et al, 1979; Evans y Maxwell, 1990).

Para realizar una inseminación vaginal tradicional, es común el sujetar a las hembras entre una o dos personas para levantarles el tren posterior y colocarlas sobre una “barra”, base o potro de servicio, mientras otra persona las insemina mediante la introducción de un espéculo vaginal con luz y la pipeta o pistola de inseminación (Evans y Maxwell, 1990; Masoudi et al, 2017), lo que conlleva un manejo estresante que también se considera puede afectar negativamente la fertilidad de las hembras así inseminadas (Murray y Ward, 1993; Roger, 2012).

No obstante se ha sugerido que la inseminación sea realizada a tiempo fijo, tomando en cuenta el momento del retiro del dispositivo con progesterona y la administración de la eCG, sería conveniente el realizar una adecuada detección de los estros conductuales y con base en esto programar las inseminaciones, ya que el momento de la ovulación en relación al inicio del estro es bastante preciso, mientras que la variación en la presentación de los estros en relación al retiro de la progesterona puede ser amplia (Maxwell, 1986; Viñoles et al, 2001; Uribe-Velásquez et al, 2008).

El uso de semen envasado en cápsulas de gel permite plantear el establecimiento y desarrollo de una técnica de inseminación artificial vaginal de mínima invasión, que no ha sido evaluada previamente en ovejas o en cabras, que no requiere de equipo o instrumental sofisticado y que una vez puesta a punto, podría ser una opción para los pequeños y medianos productores interesados en mejorar genéticamente a sus rebaños.

Literatura citada.

Abril-Parreño L, Krogenaes A, Byrne C, Donovan A, Stuen S, Caldas E, et al. (2021). Ewe breed differences in cervical anatomy and cervicovaginal mucus properties: an international study. Theriogenology, 160,18-25.

Allaoui A, Tlidjane M, Safsaf B & Laghrour W. (2014). Comparative study between ovine artificial insemination and free mating in Ouled Djellal breed. APCBEE Procedia, 8,254-259.

Bartlewski P & Candappa I. (2015). Assesing the usefulnes of prostaglandin E2 (Cervidil) for transcervical artificial insemination in ewes. Theriogenology, 84(9),1594-1602.

Blaschi W, Lunardelli P, Marinho L, Max M, Santos G, Silva K, et al. (2014). Progestagen exposure duration on estrus synchronization and conception rates of crossbreed ewes undergoing fixed time artificial insemination. J Vet Sci, 15(3),433-437.

Bretzlaff K, Edwards J, Forrest D & Nuti L. (1993). Ultrasonographic determination of pregnancy in small ruminants. Veterinary Medicine. January. 12-24.

Cáceres D & Mogollón E. (2020). Factores que dificultan la inseminación artificial en ovinos y su impacto en las tasas de fertilidad, preñez y parto. Revisión sistemática de literatura. Spei Domus, 13(26-27),1-13.

CAPSUGEL. (2019). Vcaps® Plus HPMC Capsules. [Internet]. Disponible en: https://www.capsugel.com.

Casali R, Pinczak A, Cuadro F, Guillén M, Mezzalira A & Menchaca A. (2017). Semen deposition by cervical, transcervical and intrauterine route for fixed-time artificial insemination (FTAI) in the ewe. Theriogenology.103:30-35.

Corteel J, (1975). The use of progestogens to control oestrous cycle of the dairy goats. Ann Biol Anim Biochem Biophys. 15(2),353-363.

Corteel J, Lebouef B & Baril G. (1988). Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate ouside the breeding season. Small Rum Res. 1(1),19-35.

Davis P, Underbjerg L & Trimberger W. (1940). An improved method for artificial insemination of the bovine by vaginal deposition of the semen. Am Soc Anim Prod Proc, 33,221-223.

De Vargas I, Hodgson J & Pauerstein J. (1975). Temporal relationships critical to progesterone-induced acceleration of ovum transport. Obstet Gynecol, 46,299-301.
Dos Santos P, García C, Pinczak A & Menchaca A. (2015). Fertility obtained with different intravaginal devices using short-term protocol for fixed-time artificial insemination (FTAI) in sheep. Livestock Sci, 182,125-128.
Ducoing A. Estadística para veterinarios y zootecnistas. (2016). México: Newton. 357 p.
Evans G & Maxwell W. (1990). Inseminación Artificial de Ovejas y Cabras. España: Acribia. 192 p.
El Amiri B & Druart X. (2014). Artificial insemination in Moroccan sheep: present and perspectives. Séminaires Mediterranéennes CIHEAM/INRAM/FAO, 108,55-59.
Falchi L, Taema M, La Clanche S& Scaramuzzi R. (2012). The pattern of cervical penetration and the effect of topical treatment with prostaglandin and/or FSH and oxytocin on the depth of cervical penetration in the ewe during the peri-ovulatory period. Theriogenology, 78(2),376-384.
Gato Del Monte A. (1995). Aplicación de un método tecnológico para obtener cápsulas blandas sin costura. Rev Cubana Farm, 29(2),1-3.
Gullapalli R & Mazzitelli C. (2017). Gelatin and non-gelatine capsule dosage forms. J Pharm Sci, 106(6),1453-1465.
Hawk H & Conley H. (1975). Involvement of cervix in sperm transport failures in reproductive-tract of ewe. Biol Reprod, 13(3),322-328.
Juhl R & Blaug,S. (1973). Factors affecting relase of medicaments from hard gelatin capsules. 1973. J Pharm Sci, 62(1),170.
Martínez J, Sánchez T, Bucio L, Rojo R, Cordero J & Mejía O. (2006). Efecto eCG inseminación laparoscópica sobre el comportamiento reproductivo en ovejas F1 (Damara x Merino). Revista Científica, 16(1),72-77.
Masoudi R, Zare A, Towhidi A, Kohram H, Akbarisharif A & Sharafi M. (2017). Fertility response of artificial insemination methods in sheep with fresh and frozen-thawed semen. Criobiology, 74,77-80.
Maxwell W. (1984). Current problems and future potential of artificial insemination programmes. En Reproduction in Sheep. Australia: Cambridge University Press. 291-298.
Maxwell W. (1986). Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronised oestrus. 1. Effect of time of the onset of oestrus, ovulation and insemination on fertility. Anim Reprod Sci, 10,301-308.
Maxwell W & Barnes R. (1986). Induction of oestrus in ewes using a controlled internal drug release device and PMSG. J Agric Sci. 106, 201-203.
Mejía O, Molina A, Jacinto J, Flores C & Salmerón F. (2019). Semen congelado a una concentración reducida para la inseminación intrauterina de ovejas domésticas. Rev Acad. Ciênc. Anim, 17(Supl 1),376-378.
Merkt H, Weitze F & Burnkhorst F. (1966). Cold insemination with pellets in capsules on a practical scale. Anim Breed, 36,353 (Abstr).
Murray R & Ward W. (1993). Welfare implications of modern artificial breeding techniques for dairy cattle and sheep. Vet Rec, 133,283-286.
Nordstoga A, Söderquist L, Ádnoy T & Paulenz H. (2011). Fertility results after vaginal deposition of frozen-thawed buck semen diluted with two different extenders using one or two-step procedures. Reprod Dom Anim, 46(1),82-86.
Paulenz H, Söderquist L, Ádnoy T, Harald O & Andersen K. (2003). Effect of milk and TRIS based extenders on the fertility of sheep inseminated vaginally once or twice with liquid semen. Theriogenology, 60(4),759-766.
Richardson L, Hanrahan J, Donovan A, Martí J, Fair S, Evans A, et al. (2012). Effect of site of deposition on the fertility of sheep inseminated with frozen-thawed semen. Anim Reprod Sci.131(3-4):160-164.
Robinson T, Moore N, Lindsay D, Fletcher I & Salamon S. (1970). Fertility following synchronization of oestrus in sheep with intravaginal sponges. 1. Effects of vagina douche, supplementary steroids, time of insemination, and numbers and dilution of spermatozoa. Aust J Agric Res, 21(5),767-781.
Roger A. (2012). Welfare issues in the reproductive management of small ruminants. Anim Reprod Sci, 130,141-146.
Salamon S & Lightfoot R. (1970). Fertility of ram spermatozoa frozen by the pellet method III. The effects of insemination technique, oxytocin and relaxin on lambing. J Reprod Fertil, 22,409-423.
Salamon S, Maxwell W & Firth H. (1979). Fertility of ram semen after storage at 5°C. Anim Reprod

Sci, 2,373-385.
Satir P & Sleigh A. (1990). The physiology of cilia and mucociliary interactions. Annu Rev Physiol, 52,137-155.
Thanawala J, Sonawane A & Sane R. (1998). Feasibility of using hard gelatin capsules for the packaging and Deep-freezing of bull semen. Theriogenology, 29,921-929.
Uribe-Velásquez L, Lênz M & Loaiza E. (2008). Efecto de la sincronización del estro con Prostaglandina-f2α vs CIDR + 500 UI de eCG en ovejas Bergamacia durante el inicio de la fase luteal. Revista Científica, FCV-LUZ. XVIII(4),368-373.
Viñoles C, Forsberg M, Banchero G & Rubianes E. (2001). Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. Theriogenology. 55(4),993-1004.
Wessel T, Schuchter U & Walt H. (2004). Ciliary motility in bovine oviducts for rapid nongenomic reactions upon exposure to progesterone. Horm Metab Res, 36,136-141.

SEMEN ENVASADO EN CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA PARA LA CONGELACIÓN DE SEMEN OVINO ENVASADO EN CÁPSULAS DE GEL DE CELULOSA

*MEJÍA V.O., CRUZ V.E., SÁNCHEZ G.M.

Resumen. De cuatro machos adultos Suffolk, Hampshire, Dorset y Katahdin se recolectó y congeló semen. Antes de la congelación se determinaron el volumen, la motilidad individual, la morfología (normales), la viabilidad (vivos) y la concentración (por ml y total). El semen fue diluido en un extensor comercial a una concentración de $250x10^6$, enfriado a 4°C y envasado, la mitad en cápsulas de gel de celulosa y la otra mitad en pajillas de plástico, ambas con un volumen de 0.50 ml. Se congelaron en una hielera de unicel en vapores de nitrógeno líquido (-72°C) y después fueron depositadas directamente en el nitrógeno (-196°C). Se almacenaron en un termo con nitrógeno líquido hasta su descongelación y evaluación, al menos 15 días después. Las cápsulas de gel de celulosa y las pajillas de plástico fueron descongeladas a 37°C y se tomó una muestra para evaluar la motilidad individual, la morfología y la viabilidad. Se calculó la estadística descriptiva del volumen, la concentración, la motilidad individual, la morfología y la viabilidad, promediando los valores de cuatro recolecciones realizadas en cada semental. A la descongelación se compararon los promedios de la motilidad individual y la viabilidad antes y después de su congelación en cápsulas o pajillas, mediante un diseño de bloques aleatorio simple y al encontrar diferencia estadística se realizó una prueba de Tukey. La contrastación de la morfología antes y después de la congelación en cápsulas o pajillas, se realizó mediante una prueba de Friedman considerando al semental como bloque y una comparación múltiple no paramétrica al encontrar diferencias significativas. En el semen antes de su congelación el volumen promedio fue de 2.09±0.27ml, la concentración por ml de $2693.75±595.60x10^6$, la concentración total de $3713.06±624.85x10^6$, la motilidad individual de 85.38±1.89%, la morfología de 88.56±2.80% y la viabilidad de 89.13±1.11%. En el semen congelado en cápsulas de gel la motilidad individual fue de 60.94±4.13%, la morfología de 65.31±2.14% y la viabilidad de 66.56±3.44%. En el congelado en pajillas de plástico la motilidad individual fue de 57.19±8.00%, la morfología de 65.63±3.89% y la viabilidad de 65.31±4.25%. A la descongelación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la motilidad, la morfología y la viabilidad del semen congelado en cápsulas de gel o en pajillas de plástico ($p>0.05$). El envasado de semen ovino en cápsulas de gel de celulosa para su congelación, abre la posibilidad de plantear el desarrollo de una técnica de inseminación vaginal de mínima invasión, ya que las cápsulas una vez descongeladas podrían ser depositadas en el aparato reproductor de las hembras, sin ayuda de equipo e instrumental sofisticado.

Introducción. Las técnicas de conservación de semen se han establecido en estrecha relación con los materiales predominantes a largo del tiempo. Así, desde los inicios de los años 40 (Erb et al, 1942; VanDemark y Kinney, 1954), se desarrollaron las primeras técnicas de congelación. Una de éstas fue la elaboración de "pellets" o pastillas" en bloques de hielo seco con orificios que eran llenados con el semen diluido (Lightfoot y Salamon, 1969; Brito et al, 2004); otra técnica fue el envasado del semen en ampolletas de cristal, que se congelaban en recipientes con hielo seco y alcohol (Blackshaw y Emmens, 1953; Dauzier, 1956).

El uso de ampolletas de cristal fue rápidamente reemplazado, a partir de los años 60, por popotes o "pajillas" de un plástico llamado policloruro de vinilo (PVC), cuyo costo, facilidad de manejo y mantenimiento contribuyeron ampliamente a la masificación de la inseminación artificial, inicialmente en los bovinos domésticos, ya que esta presentación permitió además que las pajillas al descongelarse, fueran colocadas en el aplicador del semen o pistola de inseminación y que éste fuera introducido directamente en el aparato reproductor (Lightfoot y Salamon, 1969; Evans y Maxwell, 1990).

Otro avance importante para la conservación a largo plazo del semen congelado, fue la aparición de recipientes metálicos que se llenan con nitrógeno líquido, denominados comúnmente "termos de

* *Octavio Mejía Villanueva. CEIEPO, FMVZ-UNAM. Carr. Fed. México-Cuernavaca km 53.1. Tres Marías, Morelos. CP. 62515. 7393930616. omejia@unam.mx

nitrógeno", que pueden ser transportados fácilmente y cuyo empleo es muy seguro (Hill et al, 1959; Quinn et al, 1968). Además, para la extensión y conservación de semen se cuenta con diluyentes confiables, se han establecido los tiempos para su enfriamiento paulatino, se conocen las concentraciones más adecuadas de las dosis a elaborar y aún actualmente, la congelación puede hacerse con materiales sencillos, por ejemplo, en una hielera de unicel (Mejía et al, 2009; Bóveda et al, 2018; Mejía et al, 2019; Bóveda et al, 2021).
En México, las técnicas de reproducción asistida en los rumiantes pequeños se encuentran en un proceso de estancamiento, derivado del abandono de la actividad pecuaria nacional, pero también por dificultades de tipo práctico, como el manejo del semen para su envasado y posterior depósito en el aparato reproductor. Particularmente la inseminación artificial ha sido considerada como una metodología invasiva y no solamente causa de estrés, sino también de dolor (Candapa y Bartlewski, 2011), por lo que desde sus inicios ha generado inquietudes relacionadas con el bienestar animal (Murray y Ward, 1993; Roger, 2012). Además de disminuir significativamente la fertilidad de las hembras que son inseminadas cuando se compara con el uso de machos en monta directa (Bonilla et al, 1993).
Entonces, una opción a evaluar podría ser el retomar el empleo de una técnica de inseminación artificial de mínima invasión, como la inseminación vaginal. Si además se utilizara un "envase" diferente para contener el semen, que permitiera su conservación por enfriamiento y/o congelación y que también pudiera ser introducido en el aparato reproductor de las hembras sin ayuda de equipo e instrumental sofisticado, la técnica de inseminación podría ser más asequible.
Actualmente, muchos medicamentos para uso humano son envasados en cápsulas de gel para ser administradas oralmente, envase que permite el enmascaramiento de sabores desagradables y asegura una rápida absorción a nivel gástrico o intestinal (Gato, 1995; Gullapalli y Mazzitelli, 2017). Las cápsulas pueden ser blandas o duras, comúnmente las blandas se utilizan para contener o encapsular líquidos o aceites viscosos o semiviscosos, son elaboradas y llenadas al mismo tiempo con una máquina automatizada que las va termoformando y uniendo; mientras que las cápsulas duras, si bien son producidas y llenadas industrialmente con medicamentos o productos granulados o en polvo, en pequeña escala también pueden ser llenadas manualmente mediante el empleo de envasadoras caseras o en el caso de los líquidos, con jeringas o pipetas de diferentes volúmenes. Las cápsulas duras están formadas por dos piezas, un cuerpo y una cabeza que se inserta en el cuerpo para su cerrado hermético. Están elaboradas con "gel o gelatina", esto es, de colágeno obtenido de huesos o piel de animales, pero también existen de origen vegetal, ya que son elaboradas con hidroxipropilmetilcelulosa, la cual es un polímero natural formado por unidades de glucosa. Las cápsulas de celulosa pueden ser transparentes o de diferentes colores y no son tóxicas ni irritantes (Juhl y Blaug, 1973; Garbacz et al, 2014); mientras que su capacidad o volumen de llenado varía desde 0.13 hasta 1.37 ml, dependiendo de sus medidas (Gato, 1995; Capsugel, 2019).

En el presente trabajo se compararon a la descongelación los parámetros de motilidad individual, viabilidad y morfología de semen ovino envasado y congelado en cápsulas de gel de celulosa o en pajillas de plástico.

Material y Métodos. El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante los meses de agosto a diciembre (2022).
Se utilizaron 4 machos adultos de las razas Suffolk, Hampshire, Dorset y Katahdin en condición corporal de 3.5 a 4 (escala 1 a 5) (Russel et al, 1969), edades entre 3 y 6 años y pesos de entre 120 y 150 kg.
El semen se recolectó y congeló en cada macho en 4 ocasiones, mediante el empleo de una vagina artificial y un maniquí artificial (Aguilar, 2011).
Antes de la congelación, en el semen recolectado se determinaron el volumen, la motilidad individual, la viabilidad (vivos), la morfología (normales) y la concentración (por ml y total) (Mejía et al, 2009; Bóveda et al, 2018; Mejía et al, 2019; Bóveda et al, 2021).
Se midió el volumen directamente en un tubo recolector graduado en mililitros. Para determinar la motilidad individual se hizo una dilución 1:200 semen:extensor (2µl:400µl), se colocó una gota en un portaobjetos con cubreobjetos y se determinó en 100 espermatozoides, la proporción de los que presentaron progresión rectilínea (0 al 100%).

Para la evaluación de la morfología espermática se usó la tinción Rosa de Bengala, en donde a 10µl de semen se le agregaron 50µl de la tinción, se mezclaron, se dejaron reposar 1 minuto y posteriormente se realizó un frotis. En éste, en 100 espermatozoides se determinó la proporción de los normales (0 al 100%). Para conocer el porcentaje de espermatozoides vivos se realizó una prueba de hiposmolaridad (HOST), en donde a 5µl de semen se le agregaron 100µl de solución de endósmosis y se incubaron en Baño María a 37°C durante 30 minutos, para posteriormente detener el proceso con 100µl de glutaraldehído; se colocó una gota en un portaobjetos y en la muestra se contaron en 100 espermatozoides la proporción de los vivos (0 al 100%), esto es, los que presentaron evidentes deformaciones en la morfología del flagelo (Bóveda et al, 2018; Bóveda et al, 2021).
La concentración en el semen eyaculado se determinó mediante el método del hemocitómetro (cámara de Neubauer), haciendo una dilución 1:200 (semen:agua). La concentración espermática por mililitro se calculó multiplicando el número de espermatozoides por 10^7. La concentración del eyaculado se obtuvo multiplicando la concentración por mililitro por el volumen eyaculado y para estimar la concentración final de espermatozoides, la concentración del eyaculado se multiplicó por el porcentaje de la motilidad, de la viabilidad y de la normalidad, para expresar su valor final en millones (10^6) (Evans y Maxwell, 1990; Salamon y Maxwell, 2000; López y Pérez, 2012, Palacín et al, 2012; Mejía et al, 2018).
Una vez evaluado el semen eyaculado, fue diluido en un extensor comercial (Mejía, 2009; Mejía et al, 2019) a una concentración de $250x10^6$, colocado en un vaso de precipitados de 80 ml e introducido para su enfriamiento a 4°C durante dos horas en un refrigerador doméstico. Pasado este tiempo (periodo de equilibrio), la mitad del semen se envasó en cápsulas de gel de celulosa y la otra mitad en pajillas de plástico, ambas con un volumen de 0.50 ml. El semen una vez envasado, se congeló dentro de una hielera de unicel en vapores de nitrógeno líquido (-72ºC) durante 15 minutos y posteriormente, se depositó directamente en el nitrógeno líquido (-196ºC) (Evans y Maxwell, 1990; Salamon y Maxwell, 1995, Mejía 2009).
Tanto las cápsulas de gel de celulosa como las pajillas de plástico se colocaron en goblets de plástico identificados con el número del semental y éstos, en bastones de aluminio para ser almacenados en las canastillas de un termo para nitrógeno, hasta su descongelación y evaluación al menos 15 días después.
Para su descongelación, las cápsulas de gel fueron introducidas en un vial de plástico de 1.5 ml con tapa y éste fue introducido a un Baño María a 37°C durante 6 minutos; pasado este tiempo, se abrió, se retiraron los restos de la cápsula para tomar una muestra del semen del fondo del vial y observarla al microscopio para su evaluación. En su caso, las pajillas fueron descongeladas de manera tradicional, esto es, introduciéndolas en Baño María a 37°C durante 1 minuto y una vez descongeladas, 5 minutos después se tomó una muestra para su evaluación.
En las muestras descongeladas se determinaron directamente la motilidad individual, la viabilidad y la morfología espermática, de manera similar a lo descrito anteriormente para el semen recién recolectado.
Se calculó la estadística descriptiva del volumen, la concentración, la motilidad individual, la morfología y la viabilidad, promediando los valores de cuatro recolecciones realizadas en cada semental. A la descongelación se compararon los promedios de la motilidad individual y la viabilidad antes y después de su congelación en cápsulas o pajillas, mediante un diseño de bloques aleatorio simple y al encontrar diferencia estadística se realizó una prueba de Tukey. La contrastación de los rangos promedio de la morfología antes y después de la congelación en cápsulas o pajillas, se realizó mediante una prueba de Friedman considerando al semental como bloque y una comparación múltiple no paramétrica al encontrar diferencias significativas (Ducoing, 2016). Los análisis se realizaron con el programa SPSS versión 25 (IBM SPSS Statistics 25), usando un nivel de significancia del 5%.

Resultados. En el cuadro 1 se presenta la estadística descriptiva de las variables antes (fresco) y

después de ser congeladas en cápsulas de gel de celulosa o en pajillas de plástico.

CUADRO 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES ANALIZADAS EN EL SEMEN

VARIABLE	MEDIA ± DE	INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%
VOLUMEN	2.09±0.27	1.67, 2.51
CONCENTRACIÓN (10^6 x ml)	2693.75±595.60	1746, 3641.48
CONCENTRACIÓN TOTAL (10^6)	3713.06±624.85	2718.78, 4707.34
% MOTILIDAD INDIVIDUAL (FRESCO)	85.38±1.89	82.37, 88.38
% MOTILIDAD INDIVIDUAL (DESCONG CÁPSULAS)	60.94±4.13	54.37, 67.51
% MOTILIDAD INDIVIDUAL (DESCONG PAJILLAS)	57.19±8.00	44.47, 69.91
% MORFOLOGÍA (FRESCO)	88.56±2.80	–
% MORFOLOGÍA (DESCONG CÁPSULAS)	65.31±2.14	61.92, 68.71
% MORFOLOGÍA (DESCONG PAJILLAS)	65.63±3.89	59.44, 71.81
% VIABILIDAD (FRESCO)	89.13±1.11	87.36, 90.89
% VIABILIDAD (DESCONG CÁPSULAS)	66.56±3.44	66.56, 72.04
% VIABILIDAD (DESCONG PAJILLAS)	65.31±4.25	65.31, 72.08

Media ± Desviación Estándar. – No se calculó al no cumplir con la normalidad.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la comparación entre las variables motilidad individual, viabilidad (vivos) y morfología (normales) antes (fresco) y después de la congelación en cápsulas de gel de celulosa o en pajillas de plástico.

CUADRO 2. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MOTILIDAD INDIVIDUAL, VIABILIDAD Y MORFOLOGÍA

VARIABLE	SEMEN FRESCO MEDIA ± EE	SEMEN DESCONG CÁPSULAS MEDIA ± EE	SEMEN DESCONG PAJILLAS MEDIA ± EE
MOTILIDAD INDIVIDUAL (%)	85.38±4.63 [a]	60.94±4.63 [b]	57.19±4.63 [b]
VIABILIDAD (%)	89.13±3.46 [a]	66.56±3.46 [b]	65.31±3.46 [b]
VARIABLE	**SEMEN FRESCO RP**	**SEMEN DESCONG CÁPSULAS RP**	**SEMEN DESCONG PAJILLAS RP**
MORFOLOGÍA (%)	3.0 [a]	1.75 [b]	1.25 [b]

Media ± Error Estándar del modelo DBA. RP (Rango promedio).
[a, b] Por renglón valores con diferente literal son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

Discusión y Conclusiones. La fabricación de cápsulas duras de colágeno y su recubrimiento con cera, parafina o polímero, para el envasado y la congelación lenta o tradicional de semen bovino,

esto es, con la realización de un periodo de equilibrio a 5°C, la congelación inicial con vapores de nitrógeno líquido a -72°C y posteriormente la inmersión directa de las cápsulas en el nitrógeno líquido a -196°C, fue llevada a cabo en 1988 por Thanawala et al. En dicho trabajo, utilizaron como grupo control semen envasado y congelado en pajillas de plástico (PVC); concluyeron que únicamente las cápsulas recubiertas con polímero resistían el llenado con semen sin deformarse o presentar fugas y al igual que las pajillas de plástico, también resistían la congelación y posterior descongelación. Los resultados que obtuvieron a la descongelación, para las pajillas de plástico y las cápsulas de colágeno recubiertas con polímero, fueron 47.63 y 47.72% de motilidad progresiva; de 52.26 y 50.46% de viabilidad, un 15.30 y 14.80% de anormalidades morfológicas, así como el 57.73 y 53.55% de acrosomas intactos, respectivamente, sin que encontraran diferencias estadísticas significativas entre los valores anteriores. Dichos resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo, tanto para el semen congelado en cápsulas de gel de celulosa como para el congelado en pajillas de plástico (Cuadro 1). Resultados reportados para la congelación de semen de ovinos domésticos y de otras especies de rumiantes, envasado en pajillas de plástico, son similares a los obtenidos en el presente trabajo utilizando un protocolo tradicional (Mejía et al, 2009; Bóveda et al, 2018; Mejía et al, 2019; Bóveda et al, 2021).

También son similares a los obtenidos en la congelación del semen en pellets o pastillas (Lightfoot and Salamon, 1969; Salamon y Lightfoot, 1970; Salamon y Maxwell, 1995; Brito et al, 2004), metodología que pudiera considerarse cercana a lo realizado en el presente trabajo al congelar semen envasado en las cápsulas de gel de celulosa, pero con la ventaja de que las cápsulas de gel no se deshacen completamente, como ocurre con los pellets al descongelarse.

Dado que a la descongelación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la motilidad, la morfología y la viabilidad del semen congelado en cápsulas o en pajillas ($p>0.05$), el empleo de las cápsulas de gel de celulosa para congelar semen es viable (Cuadro 2) y abre la posibilidad, una vez descongeladas, de su depósito vaginal en hembras de los rumiantes pequeños, entre otras especies.

El empleo de cápsulas duras de gel de colágeno, se ha reportado para el envasado y el enfriamiento de semen bovino, así como para su depósito vaginal o intracervical en vacas productoras de leche (Davis et al, 1940 y Merkt et al, 1966, citados por Thanawala et al, 1988); mientras que el envasado y la congelación de semen en este tipo de cápsulas de colágeno, al parecer se ha realizado únicamente en bovinos (Merkt et al, 1967 y Pilch et al, 1971, citados por Thanawala et al, 1988). En ese trabajo también utilizaron como grupo control semen envasado y congelado en pajillas de plástico (PVC), concluyendo que únicamente las cápsulas recubiertas con polímero resistían el llenado con semen sin deformarse o presentar fugas y, al igual que las pajillas de plástico soportaban la congelación y posterior descongelación. Los resultados que obtuvieron a la descongelación para las pajillas de plástico y las cápsulas de gelatina recubiertas con polímero, fueron 47.63 y 47.72% de motilidad progresiva, 52.26 y 50.46% de viabilidad, 15.30 y 14.80% de anormalidades morfológicas, así como el 57.73 y 53.55% de acrosomas intactos, respectivamente, sin que encontraran diferencias estadísticas significativas entre los valores anteriores, por lo que pueden considerarse similares a los aquí presentados.

El término “encapsulación” se ha utilizado para definir a una metodología de preservación de espermatozoides bovinos, caninos, porcinos y ovinos (Nebel et al, 1985, 1996; Esbenshade y Nebel, 1990; Shah et al, 2010; Perteghella et al, 2015; Hernández et al, 2021). Dicha encapsulación induce la formación de una membrana o cubierta semipermeable de polímeros que al solidificarse, originan la formación de pequeñas gotas, esferas o cápsulas de semen en un gel altamente viscoso, constituidas por un único material o por la combinación de varios, entre los que se encuentran principalmente el alginato de calcio, sodio o bario y la poli-L-lisina. En la mayoría de los trabajos reportados sobre este tipo de encapsulación, el semen ha sido únicamente incubado durante hasta 72 horas, en temperaturas que van de los 4 a los 38.5°C; mientras que en la minoría de los trabajos el semen ha sido congelado (Kusumaningrum et al, 2015) o usado para la inseminación artificial de hembras bovinas (Nebel et al, 1996) o porcinas (Vigo et al, 2009), sin resultados alentadores.

El empleo de cápsulas de gel de celulosa para la congelación de semen, una vez afinado el protocolo de congelación y sobre todo el de descongelación, permitirá plantear a futuro el desarrollo de una técnica de inseminación vaginal de mínima invasión, mediante su depósito en el aparato reproductor de las hembras sin ayuda de equipo e instrumental sofisticado.

Literatura citada.

Aguilar M & Mejía O. (2011). Fabricación y uso de un maniquí para recolectar semen en ovinos domésticos (Resultados preliminares). Memorias del XXXV Congreso Nacional de Buiatría. México. 5 p.

Blackshaw A & Emmens C. (1993). Survival of deep-frozen mammalian spermatozoa. Vet Rec. 1953. 65:872.

Bonilla L, Torres G & Rubio M. (1993). Fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de crías en un rebaño comercial de ovinos Suffolk. Vet Méx. 24(3):231-234.

Bóveda P, Esteso M, Castaño C, Toledano-Díaz A, López-Sebastián A, Muñiz A, et al. (2018). Slow and ultra-rapid cooling protocols for cryopreserving mouflon (Ovis musimon) and fallow deer (Dama dama) epididymal sperm. Anim Reprod Sci. 192:193-199.

Bóveda P, Esteso M, Velázquez R, Castaño C, Toledano A, López-Sebastián A, Mejía O, et al. (2021). Influence of circulating testosterone concentration on sperm cryoresistance: The ibex as an experimental model. Andrology. 00: 1-12.

Brito I, Valencia J, Balcázar A, Angulo R & Mejía O. (2004). Congelación de semen de carnero en pellets con los diluyentes Tris-glucosa-yema de huevo o Lactosa-yema de huevo. Avances en Investigación Agropecuaria. 8(2):28-37.

Candappa B & Bartlewski P. (2011). A review of advances in artificial insemination (AI) and embryo transfer (ET) in sheep, with the special reference to hormonal induction of cervical dilation and its implications for controlled animal reproduction and surgical techniques. Open Reprod Sci J. 3:162-175.

CAPSUGEL. (2019. Vcaps® Plus HPMC Capsules. [Internet]. Disponible en: https://www.capsugel.com.

Dauzier L. (1956). Quelques résultats sur l'insémination artificielle des brebis et des chèvres en France. Proc 3rd Int Cong Anim Reprod AI. 3:12-14.

Davis P, Underbjerg L & Trimberger W. (1940). An improved method for artificial insemination of the bovine by vaginal deposition of the semen. Am Soc Anim Prod Proc, 33,221-223.

Ducoing A. (2016). Estadística para veterinarios y zootecnistas. México: Newton. 357 p.

Evans G & Maxwell W. (1990). Inseminación Artificial de Ovejas y Cabras. España: Acribia. 192 p.

Erb R, Andrews F & Hilton J. (1942). Seasonal variation in semen quality of the Dairy Bull. J Dairy Sci. 25(9):815-826.

Esbenshade L & Nebel L. (1990). Encapsulation of porcine spermatozoa in poly-L-lysine microspheres. Theriogenology. 33:499-508.

Garbacz G, Cadé D, Benameur H & Weitschies W. (2014). Bio-relevant dissolution testing of hard capsules prepared from different shell materials using the dynamic open flow through test apparatus. 57:264-272.

Gato del Monte A. (1995). Aplicación de un método tecnológico para obtener cápsulas blandas sin costura. Rev Cubana Farm. 29(2):1-3.

Gullapalli R & Mazzitelli C. (2017). Gelatin and non-gelatine capsule dosage forms. J Pharm Sci. 106(6):1453-1465.

Hernández E, Miranda A & Rodríguez J. (2021). Calidad espermática de semen encapsulado de ovino, almacenado por tres días en dos temperaturas diferentes. Rev Salud Anim. 43(2):1-7.

Hill J, Godley W & Hurst V. (1959). Effect of glycerol equilibration time, glicerol level and rate of temperatura descent on the freezing ram spermatozoa. J Anim Sci. 18:614-621.

Juhl R & Blaug,S. (1973). Factors affecting relase of medicaments from hard gelatin capsules. 1973. J Pharm Sci. 62(1):170.

Kusumaningrum A, Purwantara B, Yusuf L & Situmorang P. (2015). Microencapsulation of Bovine Spermatozoa: Cryopreservation of Microencapsulation Sperm using Glycerol. J Ilmu Ternak dan Veteriner. 20(4):233-241.

Lightfoot R & Salamon S. (1969). Freezing of ram semen by the pellet method. II. The effect of method of dilution, dilution rate, glycerol concentration and duration of storage at 5°C prior to freezing on survival of spermatozoa. Aust J Biol Sci. 22:1547-1560.

López A & Pérez R. (2012). Ram seminal plasma improves pregnancy rates in ewes cervically inseminated with ram semen stored al 5°C for 24 hours. Theriogenology. 77(2):395-399.

Mejía M, Medrano A, González-Rebeles C & Mejía O. (2009). Capacitation status of frozen-thawed

spermatozoa from wild ruminants. Eur J Wildl Res. 55(1):1-6.
Mejía O, Hernández V, Murcia C, Rojas S, Castaño C, Bóveda P, et al. (2018). Progesterone promotes foetal growth in a restricted interspecies gestation (Ovis Canadensis x Ovis aries). Veterinaria México OA. 5(3).
Mejía O, Molina A, Jacinto J, Flores C & Salmerón F. (2019). Semen congelado a una concentración reducida para la inseminación intrauterina de ovejas domésticas. Rev Acad. Ciênc. Anim. 17(Supl 1):376-378.
Merkt H, Weitze F & Burnkhorst F. (1966). Cold insemination with pellets in capsules on a practical scale. Anim Breed, 36,353 (Abstr).
Merkt H, Weitze F & Lorrman W. (1967). Semen pellets sealed in a capsule, a means of improving the pellet method in the deep frozen storage of bull semen. Anim Breed. 36:3598 (Abstr).
Murray R & Ward W. (1993). Welfare implications of modern artificial breeding techniques for dairy cattle and sheep. Vet Rec. 133:283-286.
Nebel L, Barne H, Saacke G & Lim F. (1985). Microencapsulation of bovine spermatozoa. J Anim Sci. 60:1631-1639.
Nebel L, Vishmanat R, McMillan H & Pitt J. (1996). Microencapsulation of bovine spermatozoa: effect of capsule membrane thickness on spermatozoal viability and fertility. Anim Reprod Sci. 44(2):79-89.
Palacín I, Yániz J, Fantova E, Blasco M, Quintín F, Sevilla E, et al. (2012). Factors affecting fertility after cervical insemination with cooled semen in meat sheep. Anim Reprod Sci. 132(3-4):139-144.
Perteghella S, Vigani B, Crivelli B, Spinaci M, Galeati G, Bucci D, et al. (2015). Sperm encapsulation from 1985 to date: technology evolution and new challenges in swine reproduction. Reprod Domest Anim. (Suppl 2):98-102.
Pilch J. (1971). The freezing of semen in gelatin capsules. Anim Breed. 39:3251 (Abstr).
Quinn P, Salamon S & White I. (1968). The effect of cold shock and deep-freezing on ram spermatozoa collected by electrical ejaculation and by artificial vagina. Aust J Agric Res. 19:119-128.
Roger A. (2012). Welfare issues in the reproductive management of small ruminants. Anim Reprod Sci. 130:141-146.
Russel J, Doney J & Gunn G. (1969). Subjective assesment of fat in live sheep. J Agric Sci. 72:451-454.
Salamon S & Lightfoot R. (1970). Fertility of ram spermatozoa frozen by the pellet method III. The effects of insemination technique, oxytocin and relaxin on lambing. J Reprod Fertil. 22:409-423.
Salamon S & Maxwell W. (1995). Frozen storage of ram semen I. Processing, freezing, thawing and fertility after cervical insemination. Anim Reprod Sci. 37:185-249.
Salamon S & Maxwell W. (2000). Storage of ram semen. Anim Reprod Sci. 62:77-111.
Shah S, Nagano M, Yamashita Y, Hishinuma M. (2010). Microencapsulation of canine sperm and its preservation at 4 degrees C. Theriogenology. 73:560-567.
VanDemark L & Kinney C. (1954). Procedure Used in Freezing Bull Semen. Proc.7th, 4nn. Cony. NAAB, September.
Thanawala J, Sonawane A & Sane R. (1998). Feasibility of using hard gelatin capsules for the packaging and Deep-freezing of bull semen. Theriogenology, 29,921-929.
Vigo D, Faustini M, Villani S, Orsini F, Bucco M, Chlapanidas T, et al. (2009). Semen controlled-release capsules allow a single artificial insemination in sows. Theriogenology. 72:439-444.

RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE CUERPOS LÚTEOS IDENTIFICADOS MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA DURANTE UN PROGRAMA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (OVSYNCH) Y LA FERTILIDAD EN UN HATO DE VACAS LECHERAS

[*]González H. E. A., Contreras M. L. A., López O. A., Toriz S. D., Zúñiga L. B.

Resumen

Los niveles de progesterona circulantes durante el crecimiento de una onda folicular son un factor importante cuando se está ejecutando un protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF). Además, las concentraciones de progesterona son directamente proporcionales a la cantidad de cuerpos lúteos (CL) que hay en los ovarios. El siguiente trabajo comparó la fertilidad obtenida en un hato de bovinos lecheros que durante un protocolo de IATF mantuvo diferentes cantidades de cuerpos lúteos. Vacas con 1 CL y 2 o más CL (314 y 409, respectivamente). El protocolo de IATF ejecutado fue un Pre-synch + Ovsynch. Día 0 Pre-synch con una inyección intramuscular profunda (IM) de análogo de GnRH (Buserelina acetato, dosis de 0.01 mg por cada aplicación). Día 7, Ovsynch inyección IM de análogo de GnRH. Día 14 y 15 aplicación de inyección IM con análogo de prostaglandina (D-Cloprostenol dosis de 0.15 mg por cada aplicación). A las 32 horas después de la última aplicación de prostaglandina inyección IM de análogo de GnRH. La IATF 16 horas después de la última GnRH. La cantidad de cuerpos lúteos se determinó mediante ecografía transrectal en la primera aplicación de prostaglandina, aquellos animales que no ovularon fueron excluidos del experimento, así como los que tenían un cuerpo lúteo <16 mm. El diagnóstico de gestación se realizó a los 32 días post-inseminación. Los animales que habían tenido 1 CL vs 2 o más CL manifestaron tasas de concepción (TC) diferentes (35.99% vs 43.76% respectivamente) mostrando una diferencia en la TC del 7.77% P= 0.03. Los animales fueron divididos por paridad y en cada categoría se subdividieron por número de cuerpos lúteos, primíparas (1 parto) con 1 CL y 2 o más CL (N=320, 143 y 177 respectivamente). Vacas de 2 partos con 1 CL y 2 o más CL (N= 213; 96 y 117 respectivamente) vacas de 3 partos con 1 CL y 2 o más CL (N= 132; 53 y 80 respectivamente) y vacas de ≥4 partos (N= 58; 23 y 35 respectivamente). La diferencia importante entre la TC estuvo mayormente reflejada en las vacas de 3 partos 1 vs 2 o más CL (25.00% vs 40.00%, diferencia en TC 14.51% P=0.08). En conclusión, la fertilidad de los animales que tuvieron 2 cuerpos lúteos o más resultó ser consistentemente mejor en comparación con aquellos con solamente tuvieron 1 CL. Para vacas de 3 partos, hay una tendencia estadística que indica una mayor fertilidad en animales que durante el desarrollo del protocolo de sincronización tienen 2 o más CL en comparación con aquellos de 1 CL. Las pérdidas de la gestación a los 45 días no fueron estadísticamente diferentes entre grupos de 1 CL, 2 CL y 3 CL; 13.27%, 15.17%, 14.71%, respectivamente.

Introducción

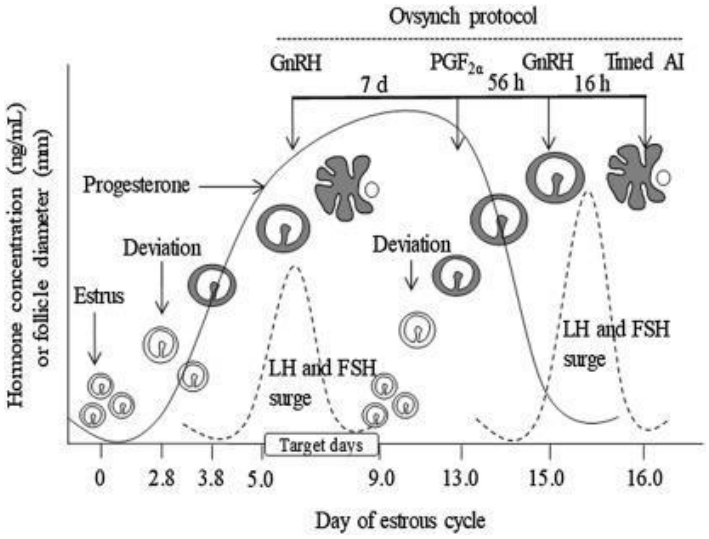
El incremento en el rendimiento productivo gracias a los avances en la genética, nutrición, instalaciones y manejo ha sido un factor clave para entender porque el desempeño reproductivo del ganado bovino lechero ha sido cada vez más un reto a por superar. Para hacer frente a los desafíos reproductivos que tenemos hoy en día se han implementado múltiples biotecnologías, entre ellas se encuentran los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Uno de tantos existentes es el protocolo “Ovsynch” (Ovulation sincronization), creado por el Dr. Milo Wiltbank y el Dr. Richard Pursley exponiéndose al mundo en el año 1995. La finalidad tanto de este como de cualquier otro

[**] González Hernández Erick Andrés. Calle Loma Grande 105 Col. San Juan Ixtacala Plano Norte, Atizapán de Zaragoza, CP. 52928. erick.gonzalez.hdz@gmail.com 5636231276.

protocolo de sincronización es poder inseminar a cierto número de animales en un periodo de tiempo definido sin la necesidad de estar al pendiente de que ellos expresen o no la conducta típica del estro. El protocolo consiste en la aplicación de dos análogos hormonales (GnRH y PgF2α) en determinados días, imitando así algo de la fisiología reproductiva normal de los animales y con ello poder realizar la IATF 16 horas después de la última aplicación de análogo de GnRH (Larson, 1992; Pursley, 1995).

El protocolo Ovsynch se basa en la aplicación de análogo de GnRH y análogo de PgF2α en ciertos puntos específicos a lo largo de 9 días para que en el décimo, 16 horas después del la ultima inyección se realice la IATF como lo muestra la figura 1 (Thatcher, 2020)

Figura 2. Esquema de protocolo “Ovsynch”, adapatado en los días del ciclo estral bovino.



Thatcher, 2020

La progesterona (P4) es una hormona fundamental para el establecimiento de la preñez y es considerada una de las principales hormonas reguladoras del ciclo estral. Sus concentraciones a nivel sanguineo dependen de dos factores principalmente; el tamaño y número de cuerpos lúteos que existan en el ovario y la tasa de depuración hepática que tengan los animales. Estudios han comprobado que para el caso del ganado bovino lechero, esta tasa de metabolización hepática es bastante más alta cuando los animales se encuentran en lactancia. La P4 es una hormona de naturaleza esteroidal, por lo tanto la degradación de la misma tiene lugar en el higado. En este sentido, a mayor cantidad de sangre pasa por el higado hay menor cantidad de hormona circulante en sangre que pueda ejercer su efecto gracias al alto metabolismo hepático que tiene el animal alto productor (Sangsritavong, 2002)

Los niveles optimos de progestrona son importantes no solamente para el establecimiento y mantenimiento de la preñez. Durante el desarrollo de una onda folicular y el establecimiento de un foliculo dominante deben existir niveles optimos de P4 tambien, tal y como pasa en la etapa del diestro. Esto es fundamental para que el eje hipotalamo-hipofisiario-gonadal (HHG) esté bloqueando correctamente la liberación de gonadotropinas, especialmente la homrona luteinizante (LH). La LH es encargada de provocar la ovulación mientras que los niveles de P4 sean basales, y además de provocar el establecimiento de un foliculo dominante, así como de ocasionar una reanudación del

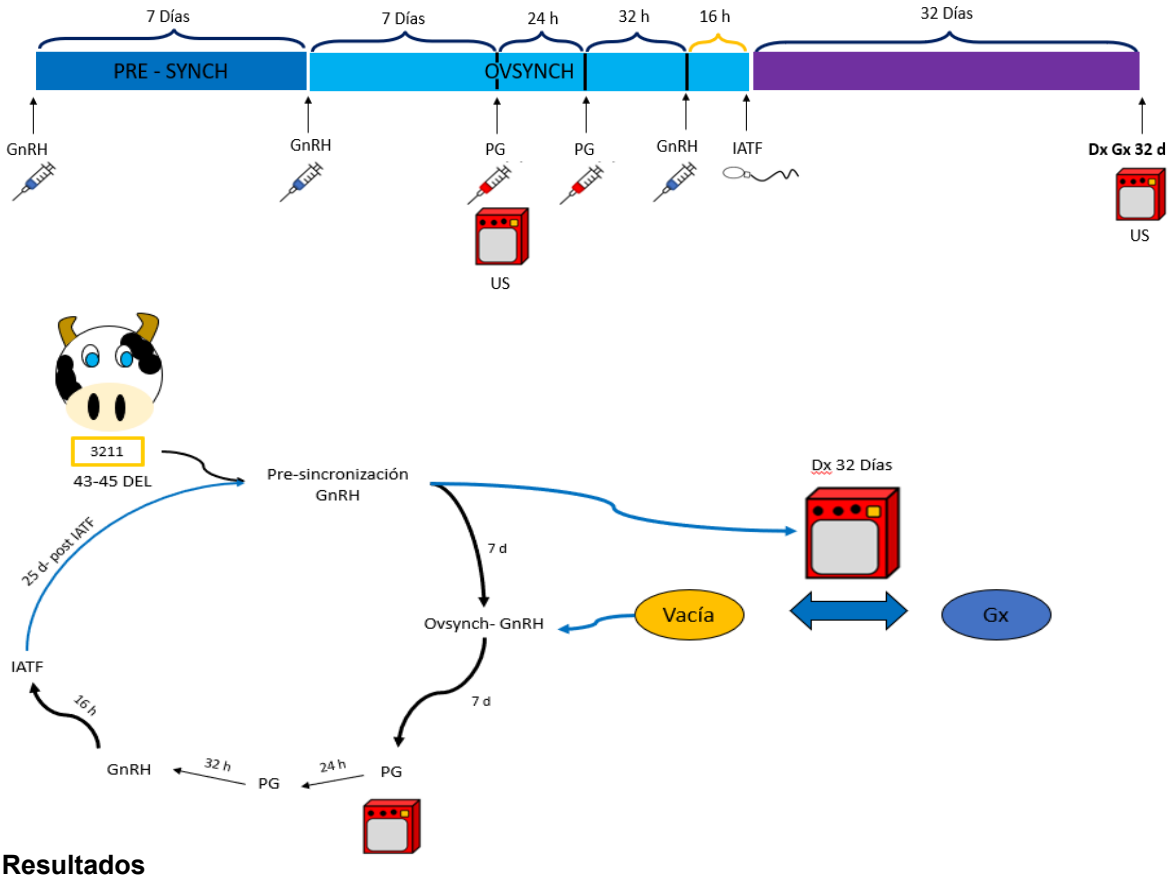
desarrollo ovocitario para que este madure y llegue a su fecundación en metafase II meiosis II (Larson, 1992; Ginther, 1996; Diskin, 2002).

Si las concentraciones de P4 se ven disminuidas, el eje HHG no estará bloqueando correctamente la liberación de HL, lo que ocasionara maduración prematura de ovocito, y según estudios, aunque no tiene diferente capacidad para ser fetilizado si cuenta con una menor viablidad al desarrollarse como embrión y finalmente esto ocasiona muerte embrionaria. Otra de las consecuencias típicas de mantener niveles de P4 bajos durante el desarrollo de la onda folicular, es la "dominancia folicular múltiple", pudiendo haber coodominancia folicular o incluso dominancia folicular triple. Las pulsaciones más frecuentes de LH durante este periodo de tiempo habilitan a más de un folilculo generando que ambos puedan ovular cuando las concentraciones de P4 son basales y en caso de ser fertilizados desarrollarse una gestación gemelar. En el ganado bovino lechero esta condición ha sido reportada entre un 10-15% de los animales (Lopez H, 2005; Wiltbank, 2006; Lamb, 2009).

Material y Métodos

El estudio se llevo a cabo en la Cuenca lechera Tizayuca, Hidalgo. Las coordenadas geográficas son: 19.830859, -98.961580 con una altitud aproximada de 2 200 msnm, la climatología predominante es templada con mayor cantidad de lluvias en los meses de Mayo-Septiembre, la temperatura va desde los 6-29°C. En el estudio se realizaron 723 inseminaciones en vacas Holstein Friesian, con un promedio de 600 kg, los animales se ordeñaron dos veces por día con un promedio de producción de 28 L/día. En la unidad de producción se alimentaba dos veces al día con zacate y posteriormente una ración mezclada de ensilado de maíz y concentrado, sin restricciones de alimento o agua. Las vacas se encuentran alojadas en diferentes establos (E.C. 128, E.C. 189 y E.C. 208) en un sistema de tipo "free stall". Las paridades estaban distribuidas de la siguiente manera; (n=320; 44.26% un parto), (n=211; 29.18% dos partos), (n=133; 18.39% tres partos) y (n=59; 8.16% 4 o más partos).

El protocolo que se utilizó fue una Pre-sincronización (Análogo de GnRH; Acetato de Buserelina dosis 0.01 mg) + Ovsynch. En el día considerado como "0" se inyectó vía IM a los animales que tuvieron entre 43-45 días en leche (DEL) o 25 días de inseminados por un protocolo anterior. 7 días después de la pre-sincronización Se inicia el "Ovsynch" inyectando un análogo de GnRH (Acetato de Buserelina; dosis 0.01 mg por aplicación). 7 Días después se practicó ecografía transrectal para contabilizar el número de CL que había en los ovarios, se registró en una bitácora y se inyectó el análogo de prostaglandina (D-Cloprostenol; dosis de 0.15 mg). 24 horas después otra inyección de prostaglandina y 32 horas después una última inyección de GnRH. La IATF se realizó 16 hormas después de la última GnRH y el diagnóstico de gestación a los 32 días post-inseminación.



Resultados

Tabla 1. Resultados de las TC en animales divididos por número de CL y porcentajes de pérdidas de gestación a los 45 días.

	Total	# Gx (32 d)	TC	# Gx (45 d); %	% Perdida de Gx a los 45 d
Vacas 1 CL	314	113	35.99	98 (86.73)	13.27
Vacas 2 o más CL	409	179	43.76	152 (84.91)	15.09



Los resultados obtenidos indican que los animales con 2 o más cuerpos lúteos tienen una TC del 43.76 % vs animales que solo manifestaron 1 cuerpo lúteo 35.99 %, la diferencia estadística indica una fertilidad considerablemente mayor (7.77 %; P=0.03).

En el estudio se inseminaron 723 animales, de los cuales 314; 43.43% manifestaron tener 1 CL, 409; tenían 2 o más CL. La TC para cada grupo fue de 35.99% y 43.76 % respectivamente. .

Las diferencias en la tasa de concepción entre grupos fue de 7.77% con un nivel de significancia del P= 0.03

En este estudio tambien se divieron por paridad a los animales y se encontraron los siguientes resultados.

Tabla 2. Resultados en las TC de los animales divididos por número de CL y por paridad.

Partos	**1**		**2**		**3**		**4 o más**	
# CL	**1**	**2 o más**	**1**	**2 o más**	**1**	**2 o más**	**1**	**2 o más**
Total	143	177	96	117	52	80	23	35
Vacías	82	87	63	70	39	48	17	24
Gestantes	61	90	33	47	13	32	6	11
TC (%)	42.66	50.85	34.38	40.17	25.00	39.51	26.09	30.56
Dif. En TC	**8.19%; P= 0.14**		**5.79%; P= 0.38**		**14.51%; P= 0.08**		**4.47%; P= 0.71**	

La diferencia mas importante estuvo entre los animales de 3 partos, resultando en una tendecia estadistica hacia mayor fertilidad en animales de más

Discusión y Conclusiones

Este experimento señaló una diferencia estadística considerable entre grupos experimentales, en donde la TC puede variar según el numero de CL que existan en el ovario durante el desarrollo de una programa de IATF. La comparación entre los grupos de 1 CL y 2 o más CL. (grupo con 1CL TC= 35.99% vs grupo con 2 CL TC= 43.76%; (7.77%); P=0.03). Fue el principal resultado que emitió el trabajo para aseverar que un mayor número de cuerpos lúteos puede hacernos esperar mayor fertilidad gracias a las mayores concentraciones cocentraciones de P4.

Colazo (2013). Reportó que una mayor cantidad de P4 7 días previos a la IATF (mediante PRID) sin pre-sincronización resultó en una mayor TC, mientras que en animales que si fueron pre-sincronizados no hubo diferencia estadística significativa (41,3 % vs 25,1 % P=0.05).

Martin (2018). Mayores TC en animales de bajas concentraciones de P4 (54.3%; 151/278 vs 62.7%; 175/279: P=0.05), pero también reportó una mayor muerte embrionaria realizando una ultrasonografía transrectal alrededor del día 35 en vacas que tuvieron bajos niveles de P4 durante el establecimiento de la dominancia folicular (3.6% vs 12.4% P=0.02)

Un Perfil hormonal de P4 durante ciertos puntos del desarrollo del experimento pudo haber ayudado a respaldar los resultados obtenidos en el trabajo.

Referencias

Diskin, M. K. (2002). Systemic progesterone pre and post AI and early embryo survival in cattle. *Proc. Agric. Res. Forum*, 27.

Ginther, O. J. (1996). Selection of the dominant follicle in cattle. *Biology of Reproduction*, 1187-1194.

Lamb, G. M. (2009). Reproductive Endocrinology and hormonal control of estrus cicle. *North florida Research an education center.*

Larson, L. (1992). REGULATION OF ESTROUS CYCLES IN DAIRY CATTLE:. *Theriogenology*.

Lopez H, S. R. (2005). Reproductive hormones and follicular growth during. *Biology of reproduction*.

Natsumi endoa, K. N. (2012). Comparación entre vacas lecheras lactantes y no lactantes sobre crecimiento folicular y desarrollo del cuerpo lúteo, y patrones endocrinos de esteroides ováricos y hormona luteinizante en los ciclos estrales. *Animal Reproduction Science*, 112-118.

Pursley, R. W. (1995). SYNCHRONIZATION OF OVULATION IN DAIRY COWS USING PGF2, AND GnRH. *Theriogenology*.

Sangsritavong, S. P. (2002). El alto consumo de alimento aumenta el flujo sanguíneo hepático y el metabolismo de la progesterona y el estradiol-17 β en el ganado lechero. *Revista de Ciencia Láctea*, 2831-2842.

Thatcher, W. S. (2020). Capítulo 8 - Manejo reproductivo del ganado lechero. *Agricultura Animal*, 131-155.

Wiltbank, M. L. (2006). Cambios en la fisiología reproductiva de vacas lecheras lactantes debido al metabolismo de esteroides elevado. *Theriogenology*, 17-29.

EFICIENCIA REPRODUCTIVA BASADA EN FRAME SCORE EN GANADO BOVINO BEEFMASTER

*Uribe C.A.M. Gastélum D.M.A., Aguilar Q.A., Angulo .V.I.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la eficiencia reproductiva basada en Frame score en el ganado bovino. La presente investigación se llevó a cabo realizando un análisis (n=101) en vacas de la raza Beefmaster, las cuales fueron clasificadas en diferentes grupos dependiendo de su tamaño de alzada (Frame score). El grupo 1 fue dividido en 15 animales (1.35 cm a 1.44 cm), el grupo 2 se dividió en 67 animales (1.45 cm a 1.54cm) y grupo 3 dividido con 19 animales (≥1.55). Los animales utilizados en el proyecto cumplían con algunas características similares las cuales eran, tener un parto con anterioridad como mínimo y programas de manejo sanitario, posteriormente los grupos iniciaron un protocolo de sincronización IATF de 10 días, 24 días después se dio repaso con toro con el fin de poder determinar las variables de porcentaje de gestación dentro de los grupos. Con base en los resultados que fueron obtenidos se realizó un análisis estadístico por medio de una prueba do paramétrica Ji-Cuadrada, la cual se comprobó en SAS versión 9.4. Como resultado se obtuvo un valor en el primer grupo (1) 73% de gestación, segundo grupo (2) 51% de gestación y por ultimo el tercer grupo (3) con 57% de gestación, con lo que podemos concluir que las hembras con un frame score menor (1) tienden a responder de mejor manera a un protocolo reproductivo que los animales con un frame score mayor (2 y 3).

INTRODUCCIÓN

En el norte del país la producción de bovinos de consumo humano tiene grandes impactos dentro de la economía de las familias, si bien a lo largo de la historia la producción de ganado tiene una buena reputación a nivel nacional o internacional, en la última década la producción de alimento para el consumo de los bovinos de engorda está cursando una problemática, entre la temperatura y la falta de agua que son las condiciones de esta región, uno de los factores que más preocupan a los ganaderos de estas zonas es la forma en la cual alimentaran a los animales (Callejas, Aranda, Rebollar, De la Fuente, 2014) . Por esta razón animales que tengan una conversión más baja y consuman más alimento tienden a ser más costosos, dentro de la producción de ganado bovino su principal coste es la producción de un becerro al año por cada hembra en etapa reproductiva, tomando en cuenta que todas las hembras tienen la capacidad de producir un becerro al año, los costes de mantener la gestación de esa hembra mediante su alimentación puede ser un factor determinante para conocer los animales más rentables.

El frame score (FS) se define como la relación numérica entre la altura de los animales y su edad; este puede ser utilizado para predecir el tamaño adulto potencial de los animales y esta provee una indicación sobre la probable curva de crecimiento de los animales (Yostar, Capellari, Haynes, 2011).

El frame es una medida en la cual se puede basar apara conocer el futuro del animal, esto nos podría complementar en el manejo de los animales para reproducción, alimentación y heredabilidad a generaciones futuras con el fin de tener animales más capaces en problemáticas futuras, con la información que nos proporciona el frame score, se puede conocer y analizar las cualidades del animal, determinar su rendimiento y produccion futura (Capozzolo,M. Cainelli, F & Crudeli,S 2018). El tamaño del ejemplar bovino tiene un impacto en su desempeño en la reproducción, tomando en cuenta la altura (FS) en escalas de 1 al 9 con medición estadunidense (Pourrian, A. 2004), dando como fundamento que hembras de FS muy superior o inferior tienen mayor dificultad en ámbito reproductivo que hembras de FS moderada (4-6).

*Abel Mauricio Uribe Chavez, Calle Luis Encinas Johnson #2322, Col. Tepeyac Issteson. Cd. Obregón Sonora. Abel.uribe1998@gmail.com . 6442789090 Modalidad: Cartel, Área: Reproducción .

MATERIALES Y MÉTODOS

La siguiente investigación se realizó en un rancho perteneciente al municipio de Navojoa, al sur del Estado de Sonora y al norte del municipio de Navojoa cerca de las comunidades de Navomora y Quiriego con coordenadas (27°4´13" latitud norte 110°07´12" longitud oeste), su clima es seco y frío elevado en temporadas estacionales del año, la producción del rancho es especializada en crianza de ganado Beefmaster para producción cárnica. Para este trabajo se consideraron n=101 animales los cuales tenían una condición corporal (CC) promedio de 2.5–3 escala del 1-5 y con mínimo un parto, estas fueron divididas en tres grupos en donde el grupo 1 se separó 15 animales (1.35 cm a 1.44 cm), el grupo 2 se colocaron 67 animales (1.45 cm a 1.54cm) y grupo 3 fueron seleccionados 19 animales (≥1.55 cm), los animales fueron suplementados con selenio, zinc, cobre y manganeso al inicio del proyecto para continuarlo con un protocolo de sincronización con una duración de 10 días en el cual se trató a los animales con implantes intravaginal, benzoato de estradiol, el implante fue retirado a los 8 días para posteriormente suministrar 300 UI eCG y 150 mg de Cloprostenol, a los 10 días se realizó IATF donde se dio servicio a todos los animales en protocolo, se realizó diagnóstico de gestación a los 21 días para determinar animales gestantes, se dio segundo servicio con un toro de forma natural, 29 días después del segundo servicio se realizo un segundo diagnostico para determinar el numero de animales que quedaron gestantes y animales que no presentaron gestación.

Para el análisis estadístico se utilizó una comparación por medio de una prueba no paramétrica Ji-Cuadrada la cual se comprobó en SAS versión 9.4.

RESULTADOS

El cuadro No.1 Representa los porcentajes generales del protocolo completo, el grupo 1 tuvo un porcentaje de gestación del 73 % dentro del primer y segundo servicio, la agrupación #2, 51% de gestación con un total de 34 hembras gestantes de 67 totales y el FS 3 con resultados de 57% el cual equivale a 11 animales gestantes de 19 en total, se determina que el grupo 1 tiene una mejor respuesta a los protocolos por su alto porcentaje de hembras gestantes.

Cuadro No.1 Tasa de gestación.

Frame	% de Gestación
1	73 (11/15)
2	51 (34/67)
3	57 (11/19)

El cuadro No.2 Observamos de forma individual cada uno de los grupos en la tabla, los porcentajes están determinados para cada uno de sus servicios, el grupo #1 mostro un alto porcentaje de gestación con un total de 11 de 15 animales, los cuales representan 4 en IATF y 7 con monta de toro, los resultados del grupo #2 son 34 hembras gestantes las cuales se dividen en 16 por IATF y 18 por método de monta natural, el # 3 presento 11 de 19 animales gestantes 6 de primer servicio y 5 del segundo servicio.

Cuadro No.2

Frame	Vacías	IATF	Toro
1	27 (4/15)	27 (3/11)	63 (7/11)
2	49 (33/67)	47 (16/34)	53 (18/34)
3	43 (8/19)	54 (6/11)	46 (5/11)

[a,b] Valores

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El frame score sirve de apoyo para conocer la forma en la que se comportaran los animales en su crecimiento, alimentación, cría y engorda (Bavera, 2005). Dentro del proyecto los animales seleccionados en el grupo 1 muestra tasas de gestaciones más elevadas a primer servicio, lo cual reduce costos significativos a la hora de realizar servicios a todo un hato ganadero reduciendo de esta forma animales improductivos por largos periodos de tiempo (Scoponi, Lauric, A, Carbonell, Casarsa, & Cordisco 2021), el proyecto obtuvo como resultado que seleccionar hembras con características específicas para obtener buenos rendimientos es fundamental, dentro de los animales con frame score alto(3) existe menor porcentaje de gestación que en el frame score menor(1), tomando en cuenta esto, el FS da la capacidad para que las hembras puedan ser seleccionadas, buscando tamaños favorables donde sus características específicas nos ayudaran a encontrar el frame adecuado para que los productores tengan el rendimiento de la producción con un coste beneficioso (AARÃO F., & REIS MOTA, R. 2009) concluyendo que los animales de frame score menor son más rentables ya que su porcentaje de gestación es mayor lo cual favorece teniendo animales con menos días abiertos y mayores porcentajes de gestación.

LITERATURA CITADA

- AARÃO MARQUES, L. F., & REIS MOTA, R. (2009). Frame das Raças Simental e Simbrasil. In I congresso capixaba de pecuária bovina: Produtividade com preservação ambiental.
- Bavera, G. (2005). Escala de tamaño, estructura corporal o frame score. *Río Cuarto. Facultad de Veterinaria y Agronomía. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 9p*.
- Capozzolo, M. C., Cainelli, F., & Crudeli, S. M. (2018). Frame de un rodeo experimental de ciclo completo. Eea reconquista.
- Callejas, N., Aranda, H., Rebollar, S., De la Fuente, M., (2014) Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. Agron. Mesoam vol.25 n.1 San Pedro Jan./Jun. 2014. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000100013
- Scoponi, L., Lauric, M. A., Torres Carbonell, C. A., Casarsa, F., De Leo, G., & Cordisco, M. (2021). Desarrollo sostenible de ambientes frágiles frente al cambio climático: evaluación de estrategias de frame score en sistemas de cría bovina de argentina mediante información financiera y no financiera.
- Yostar, E. J., Capellari, A., & Haynes, A. (2011) Relación altura/edad (frame score) en terneros Brahman del norte argentino. Facultad Ciencias Veterinarias, UNNE, Argentina. Rev. vet. 22: 1, 55–59, 2011
- Pourrian, A. (2004) Tamaño, estructura corporal en vacunos o Frame. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/10-frame.pdf

IDENTIFICACIÓN DE GLICOPROTEÍNAS ASOCIADAS A LA GESTACIÓN (PAGs) EXPRESADAS EN GESTACIÓN TEMPRANA EN EL OVINO

Autores: Griselda Valdez Magaña *[1], Amanda Gayosso Vázquez[2], Vianey Ramirez Andoney[2], Rogelio A. Alonso Morales[2]

Departamento de Fisiología y Farmacología[1], [1]Departamento de Genética y Bioestadística![2], Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México; Ciudad Universitaria. México, D.F. 04510. gris.vama@gmail.com.

Resumen

Las PAGs se localizan dentro de los gránulos secretorios de células mono y binucleadas del trofoblasto, su liberación permite establecer un contacto con tejido útero-materno o pasan al torrente circulatorio de la madre hasta llegar a su órgano blanco (Zoli et al. 1992, Green et al. 2005). Las funciones de la familia de las PAGs no son del todo conocida, sin embargo, algunos estudios indican su potencial participación en el desarrollo de la placenta, mantenimiento de la gestación, prevalencia del embrión y como puente molecular (Wooding et al. 2005). Son específicas de especie y exhiben una gama de diferentes patrones temporales y espaciales de expresión a lo largo de la gestación. La similitud entre las PAGs es elevada estructuralmente y se desconce cuales pudieran estar presentes durante la gestación temprana en la borrega y cuya detecteccion pudiera ser útil para establecer un diagnóstico de gestación temprana. Por lo tanto, a partir de las regiones más conservadas se diseñaron primers genéricos y a partir del cDNA de embriones de días 17 y 35 de gestación, se obtuvieron por PCR amplicones que fueron clonados en un vector T. Se obtuvo secuencias (531 pb) de 16 clonas de PAGs: 8 clonas del día 17 de gestación y 7 clonas para el día 35. Para el día 35 de gestación, se identifica la presencia de la PAG11 pero no la PAG 10. Siendo así, la primera vez que se reporta específicamente cuales PAGs están presente al día 35 de gestación.

Introducción

Las glicoproteínas asociadas a la gestación (PAG) se expresan por las células bi y mono nucleadas del trofoblasto y placenta en las especies dentro del orden Cetartiodactyla (ungulados) y son liberadas a la circulación donde pueden ser detectadas. Debido a esto, se han utilizado como marcadores moleculares para el diagnóstico de la gestación en rumiantes (Butler, et al. 1982). Pertenecen la familia de proteinasas aspárticas, aunque algunas de ellas ya no presentan actividad proteolítica (Xie et al., 1991). Son específicas de especie y exhiben una gama de diferentes patrones temporales y espaciales de expresión a lo largo de la gestación. Se pueden dividir en dos grupos, las PAG antiguas que generalmente se detectan antes en el desarrollo y en mayor abundancia en comparación con las PAG modernas (Touzard et al. 2013). En ovinos, se han reportado 10 variantes PAG (PAG1, PAG3, PAG4, PAG5, PAG6, PAG7, PAG8, PAG9, PAG10 y PAG11) y cada una de ellas tiene su patrón de expresión temporal. La similitud entre las PAGs es elevada estructuralmente y filogenéticamente. El conocer que PAGs se expresan a lo largo de la gestación es una información relevante para el desarrollo de métodos de diagnóstico de gestación temprana en ovinos. Es sabido que el éxito en la detección de animales no gestantes después del apareamiento, permite actuar de manera oportuna en el manejo reproductivo para aumentar el número de crías por año y evitar eliminar hembras gestantes. Por lo que el empleo de estos sistemas de detección de preñez es

fundamental para la práctica reproductiva en ovinos. El análisis comparado de las secuencias nucleotídicas de los RNAm de las distintas PAGs en el ovino, permite identificar las regiones más conservadas entre ellas, y proponer el diseño de primers genéricos con la finalidad de amplificar por PCR cualquier PAG que se exprese, especialmente en tejido embrionario proveniente de una gestación temprana. Los amplicones consistirán de una colección de segmentos genéticos de las diferentes PAGs, las que podrán ser identificadas por clonación molecular y secuenciación nucleotídica. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue Identificación de glicoproteínas asociadas a la gestación (PAGs) durante gestación temprana en el ovino a través del uso de PCR y primers genéricos.

Materiales y métodos

Las muestras de trofoblasto y placentomas de ovino se obtuvieron de la siguiente manera: se sincronizaron 6 borregas usando esponjas intravaginales con 20 mg de acetato de fluorogestrona por 12 días, al retiro de la esponja se administro 350 UI de gonadotropin corionica equina (eCG), 12 y 24 hrs después se detectó el estro y se dieron 2 montas (AM y PM), considerado como día 0 la primer monta recibida. Las borregas fueron sacrificadas, bajo los lineamientos que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, en los días 17 (n=3), y 35 (n=3) de gestación, muestras de tejido trofoblastico y corión fueron colectados, respectivamente. Las muestras se mantuvieron congeladas en nitrógeno líquido hasta la extración de RNA. La extracción de RNA se realizó con el kit RNeasy (Qiagen) siguiendo las instrucciones del fabricante, se sintetizó cDNA por transcripción reversa utilizando el kit Omniscript (Qiagen).

A partir de alineaciones del ARNm de todas PAGs reportadas en el ovino, se diseñaron un par de primers que se asientan en regiones conservadas: F 5´ GGCRTCTTGGGCTTGARCTACC 3´ (520 – 541) y R 5´ CCAATCCTRTCATTTCCTCGATC 3´(1102-1124), esperando que amplifiquen un segmento de 605 pb.

Con los primers genéricos, a partir del cDNA se amplificaron las PAGs por PCR punto final. Las condiciones de amplificación incluyeron un paso inicial a 94 °C durante 3 min, seguido de 30 ciclos de 94 °C durante 30 s, 62 °C durante 30 s y 72 °C durante 30 s y un paso final de 72 °C durante 15 min.

Los productos de PCR se visualizaron en un gel de agarosa al 1.5%, fueron recortados y el ADN fue purificado con perlas de sílice empleando el kit DNAget (BiotecMol). Los fragmentos de ADN de los amplicones fueron clonados en un vector T (pUCM-T-Cloning vector kit, Bio Basic). Las clonas obtenidas fueron crecidas y el ADN purificado por medio del kit que emplea columna de afinidad (GF-1 Plasmid DNA Extraction Kit, Vivantis). El ADN de las clonas se empleó para obtener la secuencia de nucleótidos de ambas hebras de ADN usando los primers M13 (M13F 5´CGTTGTAAAACGACGGCCAGTG 3´; M13R 5´ CACAGGAAACAGCTATGACCATG 3´) utilizando un kit comercial siguiendo el protocolo del fabricante (BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit PE Applied Biosystems, Foster, CA).

Las secuencias de cada clona fueron ensambladas y editadas con el programa ChromasPro V 2.1.8 (Technelysium Pty Ltd, Au). Las secuencias de las diferentes clonas fueron alineadas con el programa BioEdit (Hall, T.A. 1999) y las relaciones filogenéticas determinadas con el programa MegaX (Kumar S, et al. 2018).

Resultados y discusiones

A partir del cDNA de embriones de días 17 y 35 de gestación, empleando los primers genéricos se obtuvieron por PCR amplicones que fueron clonados en un vector T. Se obtuvo secuencias (531 pb) de 16 clonas de PAGs: 8 clonas del día 17 de gestación y 7 clonas para el día 35. El análisis de las secuencias mediante BLAST identificó a 3 clonas como PAG10 y 11 como PAG11 (**Ver cuadro 1**). En el día 17 de gestación, la PAG10 y PAG 11 fueron detectada en 3 y 5 clonas, respectivamente. De forma similar ha sido reportado por Garbayo et al (2008), quien en el día 17 de gestación a partir de 17 clonas encontró 4 clonas ovPAG10 y 1 clona ovPAG11. Adicionalmente, encontró 9 clonas ovPAG1 y una clona ovPAG2. Estas últimas PAGs no fueron detectadas en nuestro estudio. Una razón, puede ser simplemente un error de muestreo y aumentando el número de clonas estudiadas estas serían detectadas. Para el día 35 de gestación, se identifica la presencia de la PAG11 pero no la PAG 10. Siendo así, la primera vez que se reporta específicamente cuales PAGs están presente al día 35 de gestación. Anteriormente, El Aimiri et al (2015) demostró a través del uso proteínas co-purificadas ovPAG58+61 kDa, en muestras de suero y leche, que los niveles de las PAGs al día 35 de gestación están en aumento, sin embargo, no se especifica a que tipo de PAGs se refería.

En el **Cuadro 1** se muestran los sitios polimórficos de los haplotipos encontrados en las diferentes clonas secuenciadas, en comparación a las reportadas por Garbayo et al (2008). Algo relevante en este estudio, es el hecho de haber detectado variantes nucleotídicas de las PAG10 y PAG11 divergentes a las anteriormente descritas. Por ejemplo, las secuencias reportadas en el genbank de las ovPAG10 (NM_001082597) y ovPAG11 (NM_001082598) en la posición 479 tienen una C, mientras que las encontradas por nosotros tienen una T o una A (ver cuadro 1). Adicionalmente dentro de estas variantes se encontraron 2 haplotipos para la PAG10 y 6 haplotipos para la PAG11. Esta diversidad genética no solo nos sugiere una alta tasa mutacional de estos genes, sino probablemente cierta diferenciación poblacional. Otra posible explicación es que estos genes se encuentran con varias copias en el genoma. Garbayo et al (2008) igualmente encontró algunos cambios nucleotídicos en las OaPAG1 atribuyéndolos a variaciones de raza o individuales, o a errores de la Taq polimerasa. Incluso, menciona que estos polimorfismos podrían resultar útiles para estudiar la posible relación entre el genotipo PAG y el rendimiento reproductivo. Una clona obtenida sobresaliente es la 17, la cual presenta segmentos genéticos de 3 diferentes PAGs, la 11, la 10 y la 1 (ver cuadro 1). Esto representa una PAG triple recombinante, la cual puede originarse por recombinación no homóloga entre genes con alta similitud nucleotídica. Esto puede ser un mecanismo que da origen a nuevas OaPAGs. Este fenómeno no ha sido previamente descrito. En la figura 1 se muestra las relaciones filogenéticas de las PAGs de las secuencias obtenidas en este trabajo. Claramente se puede apreciar la diferenciación genética que presentan las PAGs.

Cuadro 1. Sitios polimórficos de los haplotipos de las PAG detectados en 16 clonas en los días 17 y 35 de gestación en el ovino.

Sitios polimorfico en haplotipos de PAGs detectados en embriones en dias 17 y 35 de gestación de ovejas			
Posición	Haplotipos	Dia 17	Dia 35
Clonas			
PAG10	PAG10		
1	PAG10 - 1	1	
5	PAG10 - 1	1	
7	PAG10 - 2	1	
17			1
PAG11	PAG11		
2	PAG11 - 1	1	
3	PAG11 - 1	1	
9	PAG11 - 1	1	
10	PAG11 - 1		1
15	PAG11 - 1		1
18	PAG11 - 1		1
14	PAG11 - 2		1
8	PAG11 - 3	1	
4	PAG11 - 4	1	
11	PAG11 - 5		1
13	PAG11 - 6		1
	N	8	7

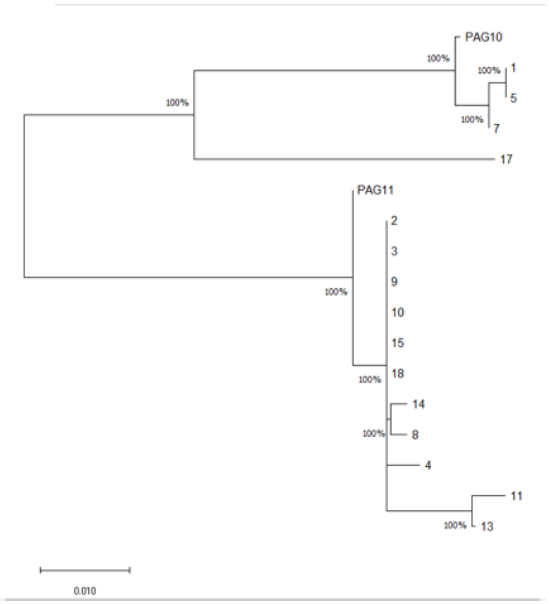


Figura 1.- Relaciones filogenéticas entre las diferentes PAGs estudiadas.

La función de las PAGs no es clara, y pudiera ser diversa acorde al tiempo de su presentación. Las PAGs expresadas al inicio de la implantación podrían estar desempeñando un mecanismo luteoprotector. Por otro lado, los perfiles de las PAG circulantes se ven afectados por una función placentaria anormal. Sin embargo, estas variaciones también pueden estar influenciados por una serie de factores como el número fetal, sexo fetal, raza, peso entre otros (Lobago et al. 2009, Mercadante et al. 2013). Cuyas diferencias de expresión las hace, hasta cierto punto incomprensibles. Por lo tanto, la disponibilidad de herramientas para su fácil identificación puede llevar a evaluarlas como marcadores biológicos implicadas en la fisiología reproductiva y coadyuvar en mejorar programas reproductivos de ganado y animales en cautiverio.

Discusion y conclusiones.

A partir de un análisis de alineamiento de secuencias de diferentes PAGs en ovino, se diseñaron primers a partir de regiones conservadas para amplificar cualquier PAG. A través de clonación y secuenciación se obtuvieron 16 clonas en las cuales se pudieron identificar la PAG 10 y PAG 11, las cuales están siendo expresadas en los días 17 y 35 de gestación en el ovino. Adicionalmente, se detectó un amplio polimorfismo en las poblaciones de estos genes. Esto, puede observarse con la aparición de varios haplotipos, posiblemente debido a mutaciones puntuales y a eventos de recombinación no homologa de genes repetidos. La utilidad de estos primers genéricos permitirá realizar una descripción de las distintas PAGs, cuyos genes presentan expresión temporal y espacial distinta a lo largo de toda la gestación en las borregas. Las PAG se han centrado en el desarrollo de herramientas fiables para el diagnóstico de gestación y aunque no se ha identificado una función clara de los PAG, su identificación podría ser una pieza útil para monitorear una función placentaria, para comprender mejor la fisiología reproductiva y encontrar uso como herramientas de diagnóstico para tomar decisiones.

Agradecimientos y fuente financiadora: Este proyecto fue financiado por DGAPA-UNAM-PAPIIT IN213521.

Literatura citada

El Amiri B, Sousa NM, Alvarez Oxiley A, Hadarbach D, Beckers JF. Pregnancy-associated glycoprotein (PAG) concentration in plasma and milk samples for early pregnancy diagnosis in Lacaune dairy sheep. Res Vet Sci. 2015 Apr;99:30-6. doi: 10.1016/j.rvsc.2014.12.016. Epub 2014 Dec 30.

Fan C, Long R, You Y, Wang J, Yang X, Huang S, Sheng Y, Peng X, Liu H, Wang Z, Liu K (2018) A novel PADRE-Kv1.3 vaccine effectively induces therapeutic antibodies and ameliorates experimental autoimmune encephalomyelitis in rats. Clin Immunol 193:98–109 Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.clim.2018.02.012.

Garbayo JM1, Serrano B, Lopez-Gatius F. Identification of novel pregnancy-associated glycoproteins (PAG) expressed by the peri-implantation conceptus of domestic ruminants. Anim Reprod Sci. 2008 Jan 15;103(1- 2):120-34. Epub 2006 Dec 15.

Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids. Symp. Ser. 41:95-98.

Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., and Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. Molecular Biology and Evolution 35:1547-1549.

Telugu BP, Walker AM, Green JA. 2009. Characterization of the bovine pregnancy-associated glycoprotein gene family--analysis of gene sequences, regulatory regions within the promoter and expression of selected genes. BMC Genomics. Apr 24;10:185. doi: 10.1186/1471-2164-10-185

Touzard, E.; Reinaud, P.; Dubois, O.; Guyader-Joly, C.; Humblot, P.; Ponsart, C.; Charpigny, G. Specific expression patterns and cell distribution of ancient and modern PAG in bovine placenta during pregnancy. Reproduction 2013, 146, 347–362.

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES REACTIVAS EN ESPERMATOZOIDES BOVINOS CRIOPRESERVADOS EN DOS MEDIOS COMERCIALES ADICIONADOS CON UN ANTIOXIDANTE.

*Mejía F.I., Hernández I.J., Chiquete F.N., Cornejo H.M.A, Navarrete G.M.G., Luna S.J.N.

RESUMEN

El proceso de congelación y descongelación provoca estrés oxidativo y osmótico, choque térmico, formación de hielo intracelular, cambios en la composición lipídica y proteica de la membrana plasmática, disminución de la viabilidad y la motilidad espermática, daños en las mitocondrias, el acrosoma, la cola y favorece la fragmentación del ADN. También induce la reorganización de las membranas lipídicas, proceso conocido como criocapacitación y reacción acrosómica prematura. La mitocondria es la fuente de energía de la respiración y también el principal lugar de generación de especies reactivas del oxígeno (EROs). Los antioxidantes deben estar presentes en grandes cantidades en el interior de la mitocondria para que sean eficaces en la reducción de las EROS. Sin embargo, la membrana mitocondrial interna no es permeable a la mayoría de las moléculas. El proceso de congelación del semen puede mejorar en diversos grados la calidad del esperma congelado-descongelado, pero sigue faltando un antioxidante eficaz. Se ha demostrado que el alfa-tocoferol conjugado con trifenilfosfina (TPP) se acumula más eficazmente dentro de las mitocondrias. Hay pocos estudios sobre los efectos de suplementar un antioxidante dirigido a las mitocondrias para la crioconservación de semen, por lo que el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de añadir un antioxidante (MitoTEMPO) sobre la producción de EROs en dos medios comerciales utilizados habitualmente en la crioconservación de espermatocoides bovinos. Esto sentará las bases para utilizar antioxidantes naturales con bajo potencial de reacciones adversas. La suplementación del antioxidante a una concentración de 25 mM en el diluyente comercial AndroMed® mejoró la producción de EROs en el esperma bovino congelado-descongelado. Estos resultados respaldan la importancia de utilizar antioxidantes durante la crioconservación del esperma, lo que será muy beneficioso para la IA en términos de producción de ganado bovino.

PALABRAS CLAVES: ANTIOXIDANTE, ESPERMATOZOIDE, CRIOPRESERVACIÓN

INTRODUCCIÓN

En la práctica veterinaria, el uso de biotecnologías reproductivas, como lo es la inseminación artificial (IA), permite mejorar la rentabilidad de las unidades de producción creando un importante avance genético (Marizancén, 2017). El uso de esta tecnología y el potencial en el área de reproducción requirió que se buscaran técnicas como la criopreservación del semen (Fernandez, 2022).

La preservación del material genético del macho es un proceso complejo que requiere el mantenimiento de la calidad inicial del eyaculado y el manejo de la muestra, con el fin de evitar daños irreversibles a la célula espermática (Salinas, 2014).

La crio-preservación induce una serie de cambios funcionales y estructurales a las células espermáticas, en donde la membrana plasmática y la membrana acrosomal externa, sufren algunos

*Mejía Flores Itzayana. Universidad Nacional Autónoma de México - FES Cuautitlán. Campo Cuatro, Km. 2.5 Carr. Cuautitlán-Teoloyucan, San Sebastian Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.nayazaitmf@cuautitlan.unam.mx. Cel: 5535774027

daños subletales. Un ejemplo del daño es la capacitación prematura del espermatozoide, la cual ocurre al momento de la congelación/descongelación (Valdez, 2017).

La inducción prematura de la capacitación y reacción acrosomal alteran la función mitocondrial y de este modo se reduce la motilidad espermática (Layek *et al.,* 2016). La mitocondria es la fuente de energía de la respiración y también es el sitio principal de la generación de especies reactivas de oxígeno (EROs). Así mismo, durante los procesos de congelación/descongelación del semen se producen EROs las cuales presentan efectos nocivos para el espermatozoide. El plasma seminal y los espermatozoides presentan un sistema antioxidante que le ayuda a atenuar el daño del estrés oxidativo. Sin embargo, el espermatozoide posee una pequeña porción citoplasmática escasa para generar la protección antioxidante durante el estrés causado por la congelación/descongelación (Valdez, 2017).

Muchos estudios han informado que la suplementación de antioxidantes durante el proceso de congelación del semen puede mejorar la calidad del esperma congelado-descongelado en diversos grados, pero aún existe una falta de un antioxidante eficaz reconocido (Lu, X *et al.,*2017). Los avances recientes en el estrés oxidativo sugirieron que para intervenir en la producción de ROS deberían de dirigirse directamente a las mitocondrias para lograr actividades antioxidantes eficaces (Gruber *et al.,* 2013). El antioxidante empleado en este estudio, el cual elimina el superóxido de la mitocondria, está compuesto por la unidad de nitróxido de piperidina (TEMPOL) y la fracción lipofílica trifenilfosfonio (TPP), es permeable; pasa rápidamente a través de las membranas de la bicapa lipídica y se acumula masivamente en las mitocondrias energizadas, el sitio principal de generación de EROS. Esto lo convierte en un sensor molecular útil para la detección de la producción de superóxido intracelular, la atenuación de la apoptosis inducida por el estrés y la necrosis (Lu, X *et al.,*2017).

Hasta ahora, se han realizado pocos estudios sobre los efectos de un antioxidante mitocondrial adicionado (Mito-Tempo) en la crioconservación del semen. Por tanto, la evaluación del efecto de añadir este tipo de antioxidante a los medios de crioconservación será muy beneficiosa para la industria de la inseminación artificial bovina.

Dada la importancia de lo anterior expuesto, el objetivo del presente estudio fué evaluar los efectos de la criopreservación en presencia de dos tipos de diluyentes comerciales; y con la adición de un antioxidante sobre la producción de EROs en espermatozoides de bovino criopreservado, con el objeto de mejorar la capacidad fertilizante en el ganado bovino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Evaluación del semen: macroscópica y microscópicamente, se evaluaron antes y despues de la criopreservación. Se emplearón 3 toros sanos de la raza Brangus, de entre 4 y 5 años de edad, ubicados en el Rancho la Sábila, ubicado en Moyotepec, municipio de Plan de Ayala, en el estado de Morelos; de los cuales se obtuvieron y evaluaron 3 muestras de eyaculado por cada toro seleccionado. Las muestras de semen se mantuvieron a una temperatura de 35° C para su evaluación y hasta su empajillado.

Evaluación de la calidad del semen: 1) Evaluación macroscópica: Volumen, color y aspecto; 2) Evaluación microscópica: Motilidad, volumen y concentración espermática, donde se evaluó el movimiento en masa y el movimiento individual progresivo, así como también la concentración espermática.

Las pruebas a las que se sometieron las muestras de semen fueron las siguientes:

Viabilidad espermática: Se realizarán tinciones no fluorescentes como eosina-nigrosina, para evaluar la viabilidad de los espermatozoides frescos.

Una vez que se evaluaron estos parámetros se procedió a agregar el diluyente, las muestras se dividieron para congelar en 2 medios: Grupo 1 medio *Triladyl*® y Grupo 2 medio *AndroMed*®. Y los tratamientos (Tx) para cada medio fueron 3: Tx 1 sin antioxidante, Tx 2 con 25μM y Tx 3 con 50μM, el antioxidante se agrego antes de realizar el empajillado.

Se realizó el protocolo de congelación de acuerdo al diluyente de cada grupo; el empajillado de las muestras se realizó en pajillas de 0.25ml, a una concentración de 20 x 10^6 células/ml de espermatozoides, se dejaron en un periodo de equilibrio de 4 h a 4°C, posteriormente se realizó la congelación exponiendo las pajillas a vapores de nitrógeno durante 12 minutos, y por ultimo se sumergieron en nitrógeno líquido, las pajillas bien identificadas en bastones se almacenaron en un tanque con nitrógeno líquido. La descongelación se realizó sacando las pajillas y exponiéndolas a temperatura ambiente por 10 segundos y después se colocaron en baño maría a 37°C por 30 segundos.

Al descongelado se realizó la evaluación de la motilidad y la medición de producción de EROs en los espermatozoidesde bovino. Las especies reactivas de oxígeno se midieron en mitocondrias frescas utilizando el Amplex Red (Invitrogen, Molecular Probes). La mezcla de reacción con 0,5 mg de proteína/mL en 0,6 M de manitol, 5 mM de MES (pH 6,8), 0,1 M de KCl, 0,5 mM de MgCl 2 y 2 mL/mL de etanol se incubó con oligomicina durante 5 min. A continuación, se utilizó fosfato 0,4mM con 1mM de ADP o 2 mM de ADP, o 600 μM de EGTA o 600 μM de Ca2+ o 4 mM con 1mM de ATP o 2 mM de ATP o 600 μM de EGTA o 600μM de Ca2+, en ambos casos se utilizaron muestras sólo incubadas con fosfato. Después de 1 minuto, la mezcla de reacción de 80 μl (50 μg) se colocó en una microplaca de 96 pocillos con una solución de trabajo de 20 μl (μM 10 M de rojo Amplex, 0,2 unidades/mL de peroxidasa de rábano picante y 0,2 unidades/mL de superóxido dismutasa en 250 mM de fosfato sódico con pH 7,4), el volumen fue de 100 μl.

La fluorescencia para ROS (el contenido de EROs se infrormá en nM) se midió en un detector POLARstar Omega (BGM LABTECH, Offenburg, Alemania) ajustado a 571 y 585 nm. La fluorescencia se detectó después de 30 minutos y los resultados se interpolaron con una curva de calibración. Los resultados se normalizaron con su control sin efector y se informaron como 100%.

Se empleó ANOVA de una vía (prueba de comparación múltiple de Dunnett) para comprar las medias de motilidad y producción de EROs en ambos medios utilizados y en los tratamientos con 2 concentraciones de MitoTEMPO (MT), el Tx 2 (25 μM) y el grupo 3 (50 μM), usando GraphPad Prism Versión 5 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, EE.UU.). Con un valor de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cuanto a la producción de EROs en este estudio, muestran que existe una menor producción de especies reactivas en ambos medios de congelación *Triladyl*® y *AndroMed*®, y en los tratamientos donde se adicionó el antioxidante (Tx 2 con 25μM y Tx 3 con 50μM) con respecto al tratamiento control sin antioxidante, que fue mayor en los espermatozoides congelados en el medio *Triladyl*® (1.82 μM) (Tabla 1). $P \leq 0.05$.

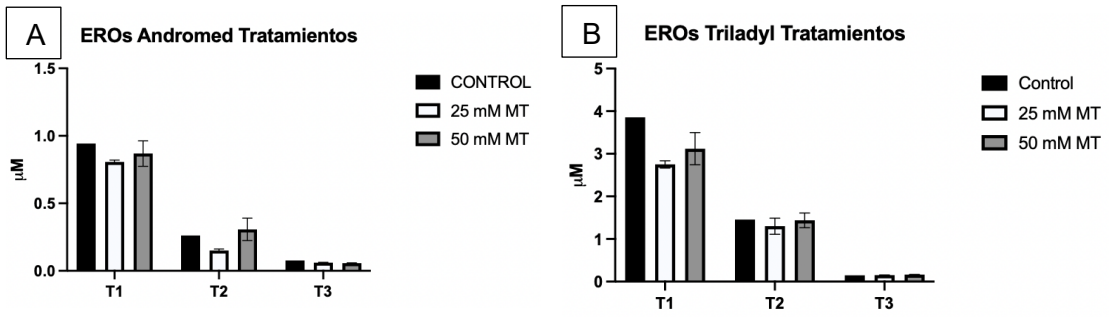
Al hacer una evaluación de los efectos de la adición del antioxidante en cuanto a la producción de EROs (gráfica 1A medio *AndroMed*® y B medio *Triladyl*®) se puede observar en ambas que el Tx 2 presenta menores producciones de especies reactivas lo que representa mejores características en cuanto a la actividad mitocondrial; en donde la concentración del antioxidante redujo la producción de ERO. En este estudio se utilizó Mito-TEMPO, un antioxidante dirigido a las mitocondrias, ya que tiene un mecanismo de acción bien documentado a nivel celular. Por lo que los resultados obtenidos podrían deberse a la neutralización del exceso de ROS producidas en el sitio mitocondrial debido al el estrés oxidativo y a la minimización del daño mediado por las ROS que reduce la viabilidad y la fertilidad de los espermatozoides.

TABLA 1. Medición al descongelado de la producción de EROs de espermatozoides de bovinos en dos medios de criopreservación adicionados con diferentes concentraciones de antioxidante

Tratamientos	PRODUCCION EROs μM	
	ANDROMED	TRILADYL
Sin antioxidante	0.42	1.82
25 mM de MT	0.33	1.40
50 mM de MT	0.41	1.57
Media	0.39	1.59

Tabla 1. Donde se observa de ROS de los espermatozoides bovinos, obtenido después del proceso de criopreservación adicionando al diluyente diferentes concentraciones del antioxidante (Grupo 1 sin antioxidante, Grupo 2 con 25μM y Grupo 3 con 50μM).

Gráfica 1. Producción de EROs de los espermatozoides bovinos al descongelado en dos medios de criopreservación adicionados con diferentes concentraciones de antioxidante



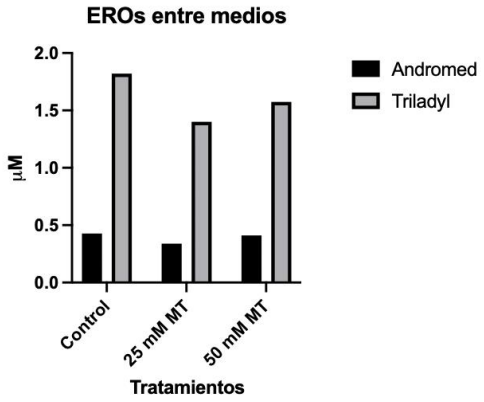
Gráfica 1. Donde se observa el porcentaje de ROS en los espermatozoides bovinos, después del proceso de criopreservación adicionando a los 2 diluyentes comerciales con diferentes concentraciones del antioxidante (Control diluyente sin antioxidante, Tx 2 diluyente con 25μM y Tx 3 diluyente con 50μM de Mito-Tempo). Donde T= promedio de cada toro

Cuando se compararón ambos medios para conocer cuál tiene mejores resultados en la produción de EROs se observa claramente que el diluyente *AndroMed*® fue mejor que el medio *Triladyl*® *(gráfica 2),* obteniendo diferencias estadisticas significativas entre los 6 diferentes valores.

Se observó una diferencia estadística significativa entre el tratamiento Control de ambos medios (0.42 μM vs 1.82 μM), entre el tratamiento Control del medioTriladyl vs. 25 mM MT del medio Andromed (1.82 μM vs 0.33 μM); entre el tratamiento Control del medio Triladyl vs. 50 mM MT del medio Andromed (1.82 μM vs 0.41 μM); entre el tratamiento de 25 mM MT del medio Andromed vs.

25 mM MT del medio Triladyl (0.33 μM vs 1.40 μM); entre el tratamiento 25 mM MT del medio Andromed vs. 50 mM MT del medio Triladyl (0.33 μM vs 1.57 μM) y entre el tratamiento 50 mM MT del medio Andromed vs. 50 mM MT del medio Triladyl (0.41μM vs 1.57 μM).

Gráfica 2. Comparación en la producción de EROs de los espermatozoides bovinos al descongelado en dos medios de criopreservación adicionados con diferentes concentraciones de antioxidante



DISCUSIÓN

Como nuevo antioxidante permeable a las células, el MitoTEMPO es un potente crioprotector eficaz para la criopreservación de espermatozoides. En el presente estudio se han determinado los efectos del MitoTEMPO adicionado a dos diluyentes comerciales, sobre la producción de EROs, empleados de manera rutinaria para la criopreservción de espermatozoides de bovino.

Se ha comprobado que el MitoTEMPO tiene la capacidad de reducir el estrés oxidativo e inhibir el daño del ADN en varios tipos de células (Hu H., and Li M., 2016; Trnka et al., 2009). Resultado estudio, 25 μM de MitoTEMPO mejoró eficazmente la producción de EROs en los espermatozoides de bovino criopreservados en el medio *AndroMed*® con respecto al medio *Triladyl®.*

El uso de MitoTEMPO en el presente estudio, el cuál es un antioxidante dirigido a las mitocondrias, tiene un mecanismo de acción bien documentado a nivel celular. Por lo que los resultados obtenidos podrían deberse a la neutralización del exceso de EROs producidas en el sitio mitocondrial debido al el estrés oxidativo y a la minimización del daño mediado por las EROs que reduce la viabilidad y la fertilidad de los espermatozoides.

Este es el primer estudio en bovinos que reporta el empleo de un antioxidante empleado en bovinos y que muestra una comparativa de su empleo en dos diluyentes comerciales empleados para la criopreservación del semen bovino, se sabe que existen mutiples estudios donde se comparan diferentes medios para valorar la viabilidad de los espermatozoides al descongelado; sin embargo no existen reportes con el empleo del antioxidante usado en el presente trabajo.

En el caso del bufalo existen reportes del uso del MitoTEMPO, Kumar, A. *et. al.* 2021, reportó que la motilidad progresiva, viabilidad, integridad acrosomal y respuesta a la prueba Hipoosmótica (HOST) así como las anormalidades de los espermatozoides mejoraron significativamente ($p<0,05$) en el semen diluido con el antioxidante a una concentración de 50μM, aunque también se observó mejora

a 10 y 100 μM antioxidante. Sin embargo en el estudio antes mencionado no realizaron mediciones en cuento a la producción de EROs, pero coinciden con los resultados obtenidos con respecto a que una concentración media del antioxodante mostró mejores resultados en los espermatozoides del búfalo.

Se han hecho diferentes estudios en espermatozoides de otras especies como carnero (***Zaire, F. et al., 2020)*** y gallo (Reza, M. *et al.,* 2021); quienes coinciden con los resultados obtenidos por Kumar, A. *et. al.* 2021; reportando que la motilidad de los espermatozoides inmediatamente después de la descongelación fue significativamente mayor con concentraciones de 5 y 50 μM de MitoTEMPO y que no hallaron diferencias significativas en otras características cinéticas excepto en la motilidad. De igual manera en dichos estudios, no reportan haber realizado una valoración de los producción de EROs como para determinar el efecto del antioxidante adicionado, tal y como lo estamos reportando por vez primera en el espermatozoide de bovino.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran los efectos benéficos de la suplementación con MitoTEMPO sobre la congelación-descongelación de los espermatozoides y la suplementación individual fue tan eficaz como en los espermatozoides frescos.

Por lo que el presente estudio demuestra que Mito-TEMPO en concentraciones relativamente bajas en los diluyentes comerciales *AndroMed*® como *Triladyl*® reduce la producción de especies reactivas en los espermatozoides de bovino, mejorando la calidad del semen después de la descongelación.

Nuestros resultados permiten tener las bases para combinar con otros antioxidantes de origen natural que sean de fácil acceso para los productores, ya que existen estudios recientes que confirman las propiedades antioxidantes, citoprotectoras, mediada por la fuerte capacidad antioxidante, de conjugación y de protección del ADN, tanto de antioxidantes naturales como el *curcumin (*compuesto orgánico natural) así como de los péptidos y residuos de metionina, otro antioxidante empleado en la criopreservación de semen de diferentes especies a nivel veterinario.

Agradecemos el financiamiento del Programa Interno Cátedras de Investigación de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (CI2264)

BIBLIOGRAFIA

1. Azadi L., Tavalaee M., Deemeh M.R., et al., 2017. Effects of tempol and quercetin on human sperm
2. Banihani S., Agarwal A., Sharma, R., et al., 2015. Cryoprotective effect of l-carnitine on motility, vitality, and DNA oxidation of human spermatozoa, Andrologia 46; 637–641.
3. Fernandez, R. V. (24 de enero de 2022). Biotecnologias reproductivas en el ganado bovino: cinco decadas de investigacion en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12*(3), 39-78. doi:10.22319/rmcp.v12s3.5918.
4. function after cryopreservation, Cryo Lett. 38; 29–36.
5. Gruber, J., Fong, S., Chen, C.B., Yoong, S., Pastorin, G., Schaffer, S., Cheah, I., Halliwell, B. 2013. Mitochondria-targeted antioxidants and metabolic modulators as pharmacological interventions to slow ageing, Biotechnol. Adv. 31 563–592.
6. https://doi.org/10.1111/and.12130

7. Hu H., and Li M., 2016. Mitochondria-targeted antioxidant mitotempo protects mitochondrial function against amyloid beta toxicity in primary cultured mouse neurons[J], Biochem. Biophys. Res. Commun. 478; 174–180. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.07.071
8. Kumar, A. Gosh, S. 2021. Efecto del diluyente de semen incorporado Mito-Tempo sobre los atributos fisicomorfológicos y la integridad funcional de la membrana de los espermatozoides de búfalo descongelados y congelados. Criocartas, vol. 42 (núm. 2), pág. 111-119.
9. Layek, S.S., Mohanty, T.K., Kumaresan, A., Parks, J.E. 2016. Cryopreservation of bull semen: Evolution from egg yolk based to soybean based extenders. Animal Reproduction Science, 172, 1-9.
10. Lu, X., Zhang, Y., Bai, H., Liu, J., Li, J., Bin Wu, B. 2017. Mitochondria-targeted antioxidant mitotempo improves the post-thaw sperm quality. Cryobiology https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2017.12.009
11. Marizancén, M. A. (2017). Mejoramiento genético en bovino a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambienteal, 8*(2), 1-13.
12. Reza, M. Nader, A. 2021. Efectos de la suplementación con extensor de congelación con el antioxidante Mito-Tempo dirigido a las mitocondrias sobre la calidad del semen de gallo congelado y descongelado y el rendimiento reproductivo. Ciencia de la Producción Animal, Vol. 225.
13. Salinas, N. (2014). *Efecto de la trehalosa en la fragmentación del ADN en el espermatozoide Bovino.* Argentina: Universidad Católica Argentina.
14. Trnka J., Blaikie F.H., Logan A. et al., 2009. Antioxidant properties of MitoTEMPOL and its hydroxylamine, Free Radic. Res. 43; 4–12. https://doi.org/10.1080/10715760802582183
15. Valdez, T. G. (2017). Efecto de diferentes fuentes antioxidantes sobre parámetros celulares y capacitación espermática posdescongelado en semen bovino. *XLI Congreso Nacional de Buiatría* (pág. 8). Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua.
16. Zarei, F. Daghigh, H. 2020. Supplementation of ram's semen extender with Mito-TEMPO I: Improvement in quality parameters and reproductive performance of cooled-stored semen. Cryobiology https://doi.org/10.1016/ j.cryobiol.2020.10.018.

Socioeconómicas

UNA REVISIÓN BÁSICA DE LA TEORIA DE LA ZOOTECNIA FRANCESA

[*]Cervantes S.J.M.: y Román C.A.M.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue hacer una revisión exhaustiva conceptual del inicio de la zootecnia, para lo que fue necesario acudir a las fuentes originales francesas y utilizar el método de análisis retrospectivo. De acuerdo a la información consultada, se encontró que el hombre desde su aparición desarrolló una relación alimenticia con las plantas y animales. Con el pasar del tiempo domesticó a vegetales y animales hacia los 3,500 años antes de Cristo. Sin embargo, en el siglo XVIII esta relación se fracturó debido a las propuestas que en 1798 Thomas Malthus hizo sobre la producción de alimentos (con crecimiento aritmético) no sería suficiente para alimentar a una creciente población humana (con crecimiento geométrico). Afortunadamente esta predicción evento no se presentó porque a partir de 1750 la revolución industrial aumentó considerablemente la producción de alimentos. Sin embargo, la ideología de Malthus calo hondo en algunos gobiernos europeos, quienes comenzaron a cuestionarse ¿cómo alimentar más económica y adecuadamente a las personas que se encuentran alojadas en hospitales, cárceles y cuarteles? Sensibilizado por estas ideas Jean Baptiste Boussingault, ingeniero minero francés, en su granja desarrolló un laboratorio de química agrícola, en el que estudió suelos, plantas y animales, descubrió el ciclo del nitrógeno, desarrolló experimentos sobre la digestión y absorción de carbohidratos y proteínas, hizo análisis de alimentos y elaboró sus tablas de composición de alimentos, su ejemplo fue fundamental para crear las estaciones agrícolas experimentales en Europa y Estados Unidos. De esta forma la postura de Malthus tuvo gran influencia, de tal manera que el agrónomo francés Mathiue Dombalse desarrolló la teoría de la economía rural, misma que enunciaba que los animales eran un mal necesario para la agricultura. Afortunadamente en esa época el Conde de Gasparín funda el Instituto Agronómico de Versalles y crea la cátedra de zootecnia, encargada a Emile Baudement, quien veía a los animales como motores de sangre dentro de un contexto de la economía industrial. Sus ideas abonadas con las de la selección artificial de Robert Bakewell, y más adelante complementadas con las técnicas de la bromatología alemana de Wolf, Lehmann y Kellner, así como la fisiología de Claude Bernard dieron origen a la teoría de la Estática Animal y Vegetal concretada por el ingeniero agrónomo francés Louis Grandeu y que a grandes rasgos se puede definir como lo que hoy conocemos actualmente como la relación suelo-planta-animal.

[*] *Juan Manuel Cervantes Sánchez. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Contacto: jdmanolo@unam.mx

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LECHE PROCESADA EN AGROINDUSTRIAS QUESERAS TRADICIONALES EN ACULCO, ESTADO DE MÉXICO[1]

[*]Cruz-Vergara B.[2], Rendón-Rendón M.C.[2], Miguel-Estrada M.[2], Chávez-Pérez L.M.[2], Jiménez-Jiménez R.A.[21]

[1]Financiado por el Proyecto PRONAII – CONAHCYT 321289; [2] FMVZ-UNAM

Resumen

La calidad de la leche cruda para quesos tradicionales no está estudiada ampliamente, de tal forma que el presente trabajo tuvo como objetivo determinar las características nutricionales de la leche procesada en una agroindustria quesera de la comunidad de Las Lajas, Aculco, Estado de México para conocer si cumple con los estándares de calidad que establece la norma NMX-F-COFOCALEC-2012. El muestreo se realizó en noviembre del 2022, a 29 productores que abastecen dicha agroindustria rural. Para determinar los componentes fisicoquímicos de la leche, se utilizó un analizador fisicoquímico portátil para determinar la cantidad de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos (SNG). Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva, haciendo una comparación con los datos de la norma. Los resultados indican que en promedio la leche muestreada contiene 37.5g/L de grasa, superando la cantidad de grasa establecida por la Clase A de la norma (≥32g/L); cumple con la cantidad especificada de proteína en esta misma categoría (≥31g/L) teniendo una cantidad de 31.2g/L; supera la cantidad mínima requerida por la norma en cuanto a SNG (min 83g/L) presentando una cantidad de 85.3g/L y contiene 46.5g/L de lactosa, cayendo en el rango establecido por la norma de 45 a 50g/L. Se concluye que la leche entregada a la agroindustria quesera en la localidad de Las Lajas, Aculco, Estado de México cumple con las especificaciones de la norma y es una leche de calidad fisicoquimica ideal para la producción de quesos.

Introducción

La leche de vaca es un alimento de primera necesidad y de gran demanda por su alto valor nutricional que se refleja en sus componentes (Barberis, 2002), es considerada un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos, y en general de toda la población, garantizando el adecuado aporte de calcio, proteínas y vitaminas A, B1 y B2, que favorecen el crecimiento de huesos y tejidos (Fernández et al., 2010).

La composición de la leche cruda está determinada por diversos factores, tales como la raza, alimentación, época del año y etapa de lactancia (Ávila, 2014 y Martínez et al., 2017); dicha composición es relevante en el procesamiento de la leche y elaboración de los productos lácteos, principalmente quesos, debido al impacto reflejado en el rendimiento y calidad del mismo (Fernández et al., 2010).

En general, la composición fisicoquímica de la leche determina la autenticidad de la leche natural y de las leches procesadas industrialmente, como la higienizada o pasterizada y las tratadas térmicamente (esterilizada y UHT) (Páez et al., 2002). Esta composición característica determina las distintas constantes fisicoquímicas de la leche como son: grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos (SNG), las cuales son de interés para determinar la calidad y autenticidad de la misma (Bernal et al., 2007), ya que por factores dependientes del animal o bien por factores derivados del manejo y acciones fraudulentas (p.e. el aguado, adición de suero lácteos, modificación de la grasa, etc.), provocan alteraciones de la leche que conllevan a una modificación de estas constantes (Cervantes et al., 2013).

[*]*Cruz Vergara Beatriz. Av. Río de Los Remedios 39, Col. La Laguna, Tlalnepantla de Baz, Edo. De México, CP. 54190. mvzlsacaz@gmail.com, 56-3975-2505.

Por otro lado, la leche de bovino se considera un producto estratégico para la seguridad y soberanía alimentaria, tanto por ser un alimento básico, como por el número de productores, empresas y empleos involucrados a lo largo de su cadena productiva y las actividades relacionadas (Montaño et al., 2013) lo que conlleva a que la leche y sus derivados sean una fuente de ingresos económicos para las personas involucradas en las diversas actividades relacionadas con el sistema lácteo (Sorrosa, 2023), el cual, está conformado por el conjunto de actividades económicas interrelacionadas, que añaden valor al flujo de estos productos, desde los proveedores de insumos, la producción primaria y la agroindustria, hasta que el bien es adquirido por el consumidor (Magariños, 2000).

Por esos atributos, tanto en el ámbito nutricional como económico, la leche tiene que proveerse como un producto que llegue a otorgar sin riesgos y alteraciones los beneficios asociados al alimento desde su síntesis en la glándula mamaria de la vaca hasta su llegada al consumidor (Ávila et al., 2014), que como se mencionó anteriormente, estas cualidades pueden estar sometidas a un gran número de riesgos que hacen peligrar su valor nutricional y, por ende, el económico. Por lo anterior, los diferentes actores involucrados deben de asegurar la calidad nutricional de su leche controlando los factores que pudieran alterarla (Páez et al., 2002).

A nivel global y nacional se han construido estándares, indicadores y métodos para asegurar la calidad nutricional de la leche como producto final y que se mantenga en las condiciones favorables para la transformación en diferentes subproductos. En México, desde el 2004 existe la norma: NMX-F-700-COFOCALEC-2012 SISTEMA PRODUCTO LECHE – ALIMENTO – LÁCTEO – LECHE CRUDA DE VACA – ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS, SANITARIAS Y MÉTODOS DE PRUEBA; en esta norma se establecen diferentes indicadores y parámetros que debe cumplir la leche cruda en el país, con la finalidad de estandarizar los requisitos que las grandes industrias solicitan a los productores de leche.

En el Estado de México, específicamente en el municipio de Aculco, una de las principales actividades económicas es la producción de leche y quesos. La fabricación de quesos deriva de la interrelación de agroindustrias especializadas de carácter rural a pequeña escala de forma artesanal y tradicional, la participación de diversos actores económicos en esta cadena productiva y la articulación con la producción primaria. A pesar de esto e independientemente de lo heterogéneo de los procesos de elaboración y el saber-hacer de cada productor de queso, la calidad de la materia prima y de los productos lácteos aparece como un factor que puede limitar o potencializar la actividad quesera del territorio, sin embargo, existen pocos estudios que indiquen cómo se encuentran las características fisicoquímicas de la leche producida y procesada por las agroindustrias queseras en esta región.

Por lo anterior, se consideró importante conocer la calidad nutricional de la leche producida en Aculco, para en un futuro poder tener indicadores y una línea base que permita mejorar los procesos productivos y, por ende, los rendimientos y productos, a través de indicadores fisicoquímicos de los lácteos. Por tal motivo, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar las características nutricionales de la leche procesada en una agroindustria quesera de la comunidad de Las Lajas, Aculco, Estado de México para conocer si cumple con los estándares de calidad que establece la norma NMX-F-COFOCALEC-2012.

Material y Métodos

El municipio de Aculco pertenece al distrito VIII de Jilotepec, se localiza en el noroeste del Estado de México, entre las coordenadas 20° 16’ 20’’ de latitud norte y 99° 59’ 10’’ de longitud oeste. La cabecera municipal se ubica a 2,385 msnm y cuenta con una superficie de 465.6 km2 (INEGI, 2012). La población total estimada es de 49,266 habitantes, 34.0% de la PEA está inmersa en actividades agrícolas, 20.0% en lo industrial, 27.0% en servicios y 19.0% en actividades no determinadas (INEGI, 2020). La distribución municipal consta de 44 delegaciones, siete subdelegaciones y 12 rancherías que explican el carácter rural de la zona (Castañeda et al., 2008). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, semifrío y sin estación invernal bien definida, lo que explica la estacionalidad de la producción de leche que presenta la mayor oferta en la época de lluvias, cuando la precipitación pluvial es de 800 mm en promedio (Castañeda, 2005).

La red carretera favorece el desplazamiento del producto leche a las empresas de transformación, la comercialización de los productos lácteos y vincula los actores con los mercados locales y regionales. La autopista México–Querétaro vincula la zona con Querétaro, Hidalgo y la Ciudad de México. La carretera Panamericana lo conecta con Querétaro y municipios del Estado de México como Toluca, Ixtlahuaca, Atlacomulco y Acambay. Complementan la red carretera vías estatales y municipales que intercomunican las diferentes comunidades del municipio. La cercanía relativa de estos centros de abasto y consumo es fundamental, son lugares donde se comercializa la mayor parte de los productos lácteos para consumidores que gustan de productos tradicionales y donde se adquieren insumos, equipo y maquinaria

Se realizó un muestreo de la leche entregada por los productores a una de las agroindustrias de la localidad Las Lajas. El muestreo se llevó a cabo en noviembre del año 2022 y se muestrearon un total de 29 productores. Se tomaron al azar 40 ml directamente de los recipientes (botes) que cada productor traslada a la agroindustria, previo al momento de su entrega por la mañana; la leche fue posteriormente refrigerada un par de horas para finalmente ser analizada.

Para determinar los componentes fisicoquímicos de la leche, se utilizó un analizador fisicoquímico portátil, el cual, mediante técnicas de ultrasonido y espectro de infrarrojo, tiene la capacidad de determinar diferentes componentes de la leche (grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales, agua adicionada). Por su precisión y rapidez en la determinación de los componentes, así como por la poca preparación que requiere la muestra, este tipo de instrumentos son de los métodos de prueba que cada vez se utilizan más en las empresas y en el trabajo de campo (Jiménez et al., 2020). La información obtenida de cada muestra fue capturada en una base de datos. Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva, donde se presentan los datos de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos (SNG), haciendo una comparación con los datos de la norma.

Según el Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados (COFOCALEC), la calidad de la leche se refiere al cumplimiento de requisitos fisicoquímicos, nutrimentales microbiológicos y sanitarios, aplicables a la denominación del producto, acordes con su naturaleza y composición (COFOCALEC, 2004). En México existe la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2012, que establece las especificaciones fisicoquímicas de la calidad de leche cruda. En el siguiente cuadro se muestran las especificaciones fisicoquímicas para la leche cruda las cuales detallan los requerimientos para la obtención de una leche de calidad según COFOCALEC.

Cuadro 1. Especificaciones fisicoquímicas para la leche cruda en la norma

Parámetro	**Especificación**
Grasa butírica g/L	
Clase A	≥32
Clase B	31 min.
Clase C	30 min
Proteínas totales g/L	
Clase A	≥31
Clase B	30 a 30.9
Clase C	28 a 29.9
Lactosa g/L	45 a 50
Solidos no grasos g/L	83 min

Fuente: COFOCALEC (2012)

Resultados

La Norma Mexicana establece un mínimo de grasa butírica de 32g/L dentro de la Categoría A, como se puede observar en el cuadro 2 sólo el 20.68% (6 productores) del total de productores muestreados no cumplen con esta especificación, y dos de estos, no cumple con alguna clasificación de la norma. Sin embargo, el promedio de muestras fue de 37.5g/L de grasa, cantidad mayor al establecido para la Clase A, destacando productores que alcanzan hasta el 58.8 g/L.

Cuadro 2. Concentración promedio de grasa, proteína, lactosa y SNF de la leche de productores lecheros de la comunidad de Las Lajas en Aculco, Estado de México

Productor	Grasa g/L	Proteína g/L	Lactosa g/L	SNG g/L
1	39.2	31.9	47.7	86.8
2	37.9	34.1	51.2	93.2
3	49.5	31.8	47.6	86.7
4	41.8	31.1	46.7	84.9
5	58.9	35.7	53.4	97.1
6	27.2	31.0	46.5	84.5
7	33.5	30.0	44.9	81.7
8	29.3	34.3	51.4	93.6
9	20.9	26.9	40.3	73.3
10	43.9	34.0	51.0	92.7
11	17.3	33.7	50.5	91.9
12	37.6	30.7	46.0	83.8
13	37.7	30.7	46.2	84.0
14	28.5	31.8	47.7	86.7
15	35.2	30.3	45.4	82.6
16	38.4	32.6	48.8	88.9
17	41.2	29.7	44.6	81.1
18	36.9	28.9	43.3	78.8
19	33.4	31.1	46.6	84.7
20	53.8	30.2	45.1	82.8
21	50.2	33.4	49.9	90.9
22	34.8	31.6	47.4	86.2
23	38.6	32.2	48.3	87.9
24	34.8	31.4	47.1	85.7
25	40.6	30.5	45.7	83.1
26	37.2	29.5	34.0	80.6
27	38.0	29.5	44.1	80.4
28	38.6	30.4	45.5	82.8
29	31.6	28.2	42.2	76.8
Promedio	**37.5 ± 8.7**	**31.3 ± 2.0**	**46.5 ± 3.8**	**85.3 ± 5.3**

En cuanto a proteína sólo el 55.17% (16 productores) cumple con lo establecido por la norma en Clase A la cual especifica un mínimo de 31g/L, incluso el 3.44% del total de las muestras presenta un valor por debajo del 28g/L establecido por la Clase C, sin embargo, en conjunto la leche entregada a la agroindustria tiene en promedio de 31.3 g/L de proteína, que la clasifica en Clase A según la normativa.

Por otro lado, para el resultado de los Sólidos no Grasos (SNG) sólo el 65.51% (19 productores) cumplen con el 83g/L mínimo establecido de la norma, a pesar de ello, en conjunto las muestras cumplen con el mínimo requerido por la norma al tener un promedio de 85.3g/L de SNF.

Finalmente, respecto a la cantidad de lactosa la norma establece un rango de 45 a 50g/L, en el Cuadro 2 se puede observar que el 58.62% (17 productores) cumplen con lo que indica la norma, pero en promedio la totalidad de leche tiene una cantidad de 46.5g/L cumpliendo la especificación.

Discusión y conclusiones

Uno de los principales productos que se pueden obtener mediante el procesamiento de la leche es el queso, compuesto por proteína, grasa y sales solubles, que son concentrados por coagulación (Ramírez y Vélez, 2012) y cuyo rendimiento, textura y consistencia está relacionado con la composición química de la leche (Keating y Rodríguez, 2002).

En este estudio, el contenido de grasa de las leches muestreadas se ubica por encima de lo establecido por la norma, dicha cantidad beneficia la producción de queso, ya que a mayor presencia de grasa en la leche mayor cantidad de queso obtenido por kilo de leche, mejorando además la consistencia y la distribución de la proteína en la masa del queso. Se sabe que la grasa participa en las propiedades fisicoquímicas de los productos lácteos (por ejemplo: dureza, capacidad para untar, fusión, procesabilidad, etc) (Alothman et al., 2019), y está compuesta en conjunto por triglicéridos en un 98% del total de grasa en leche, diacilglicerol (2%), colesterol (menos del 0,5%), fosfolípidos (aprox. el 1%) y los ácidos grasos libres (0,1%) (Pereira, 2014).

En conjunto, durante la maduración de los quesos, la materia grasa sufre profundas transformaciones, influyendo en las características físicas y organolépticas que determinan el tipo de queso (Alothman et al., 2019). En esta fase de maduración del queso se puede producir la rotura de la materia grasa (lipólisis), la principal consecuencia de ello es la formación de compuestos aromáticos, ácidos grasos y sus productos derivados. Los ácidos grasos de cadena corta poseen un gusto y un aroma muy marcados, en los quesos en que esto ocurre (Acuña, 2001). Por lo que la grasa además de intervenir en la nutrición de quien consume la leche y está íntimamente relacionado con el sabor y olor de ésta y de los quesos (Fernández et al., 2010), lo cual, puede ser distintivo de los quesos tradicionales y de un territorio gastronómico como Aculco.

Por su parte, la cantidad de proteína influye de manera directa en el rendimiento de los quesos (Fernández, 2010). La leche de vaca presenta tres categorías de acuerdo con el nitrógeno proteico: las caseínas, las proteínas del lacto-suero y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (Fox et al., 2015b). La leche es una excelente fuente de proteínas de alta calidad, ya que contiene los 9 aminoácidos esenciales dentro de su estructura (Alothman et al., 2019). Esta cantidad de proteína se encuentran conformada por dos grupos principales: caseínas que representan el 80% de las proteínas totales en la leche y proteínas de suero correspondiente al 20% restante (Pereira, 2014; Campos, 2016; Alothman et al., 2019).

En este estudio se observa que la cantidad de proteínas de la leche muestreada fue de 31.2 g/L, cumpliendo con la especificación de la norma, infiriendo que la agroindustria que procesa esta leche cuenta con un buen rendimiento quesero y firmeza en sus quesos, al respecto Fox et al., (2015b) indica que la proteína, específicamente la caseína está relacionada con la firmeza en los quesos, además de tener funciones como la retención de agua y ser un emulsionante de grasa.

A la par, la lactosa, es el principal carbohidrato presente en la leche (Pereira, 2014 y Campos, 2016), químicamente es un disacárido formado por galactosa y glucosa, que le otorga a la leche un sabor dulce y que favorece la presencia de bacterias formadoras de ácido láctico (Martínez et al., 2017), cuya acidificación no es deseable en caso de leche para consumo, pero sí lo es en la obtención de productos lácteos como yogurt, al ser la fermentación de la lactosa en ácido láctico una acción conservadora (Fernández et al., 2010). En la leche muestreada la cantidad de lactosa también se encuentra dentro las especificaciones de la norma.

A su vez, los SNG de la leche, están compuestos además de proteínas (36-38%) (mayoritariamente caseína), por lactosa 56% y sales minerales 6% (calcio, potasio, fósforo, magnesio, hierro) (López et al., 2011 y Bárzaga, 2018). Los factores específicos, reportados en la literatura, que afectan SNG de la leche incluyen: la nutrición, la genética, diversas patologías, la fase de lactancia y la estación del año (Bernal, 2007; Cervantes, 2013; Martínez et al., 2017; Bárzaga, 2018 y Vásquez, 2018). En los resultados de este estudio durante el mes de noviembre, se observa que la cantidad de SNG se encuentra por encima de lo mínimo requerido por la norma, lo que indica que además de contar con una buena cantidad de proteína y lactosa, esta leche también es rica en minerales.

En general, las características de producción y calidad de la leche están directamente influidas por los factores ambientales, nutricionales, fisiológicos del animal y por la raza (Barberis, 2002; Auldist, 2004 y Martínez et al., 2017), en el caso de Las Lajas, Aculco se ha observado como genotipo predominante la raza Holstein, sin embargo, habrá que profundizar y realizar un censo ganadero en la zona para conocer a mayor detalle las razas de los hatos lecheros en la zona de estudio.

En conclusión, el presente trabajo permitió evaluar las características nutricionales de la leche entregada a una agroindustria quesera en la localidad de Las Lajas, Aculco, Estado de México, donde los resultados demostraron que la leche procesada en esta agroindustria cumple con las especificaciones de la norma y es una materia prima ideal para la producción de quesos.

Por lo anterior, como un primer acercamiento para reconocer la calidad nutricional de la leche en la región, los resultados del estudio sugieren que la agroindustria estudiada pudiera competir con el mercado local y nacional, con una leche con buenos componentes nutricionales tanto para el consumo como leche fluida como para los procesos de elaboración de quesos tradicionales. No obstante, sería relevante que se pudiera trazar un programa de ayuda y mejora de la calidad nutricional de la leche con aquellos productores que presentan algún déficit, mejorando el manejo, la alimentación y la genética de sus hatos con los recursos disponibles.

Cabe resaltar que este es un primer estudio realizado en la localidad y, por ende, se requiere conocer la composición fisicoquímica de la leche de mayor cantidad de agroindustrias, conocer las razas predominantes en los hatos lecheros, el manejo y alimentación de los mismos, además de analizar la leche por periodos de tiempo más prolongados o en diferentes épocas del año, esto con el fin de tener elementos e indicadores para promover programas que impulsen mejoras a través de cursos de capacitación e infraestructura en las agroindustrias y con los ganaderos de la región.

Esto es relevante por los aportes económicos y socioculturales que la actividad lechera y quesera representan a la comunidad, ya que es una forma de vida y medio de sustento de un extenso número de pequeños productores, sin dejar a un lado el creciente interés en los sistemas de pago por parte de las agroindustrias basados en el contenido de proteína, grasa y otros índices de calidad.

Literatura Citada

Acuña P. et. al. Ácidos grasos libres en quesos, como parámetros vinculados a su maduración. Tecnología Láctea Latinoamericana. (2001) 25: 55- 60.

Alothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M, O'Callaghan, T. F. 2019. The "Grass-Fed" Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. Foods, 8(8), 350. doi:10.3390/foods8080350

Ávila T.S., Núñez E.J.F., Gutiérrez C.A.J. 2014. Factores que intervienen en calidad y cantidad de leche. En Ávila TS, Gutiérrez CAJ. Producción de leche con ganado bovino. Imagen Editorial Yire.

Auldist, M.J., Johnston K.A., White N.J., Fitzsimons W.P., Boland M.J.A. 2004 Comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. J Dairy Res 2004;(71):51–57.

Barberis, S. (2002). Bromatología de la leche. 1ed. Editorial Hemisferio Sur S. A.. Buenos Aires, Argentina.

Bárzaga G.R.; Rosell P.R.; Ramírez R.A.G.; Carrazana V.J.R. 2018. Influencia de la época del año sobre los sólidos no grasos y el porciento de grasa en la leche. Vet. Arg. – Vol. XXXV – Nº 363 – Julio 2018.

Bernal M.L., Rojas G.M, Vázquez F.C, Espinoza O.A, Estrada F.F.J, Castelán O.O, 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del estado de México. Veterinaria México, 38 (4), 395-407.

Camacho V.J.H., Cervantes-E. F, Palacios R.M.I, Rosales F., Varga C.J.M. 2017. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(1): 23-29. ISSN: 2448-6698. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4313

Campos PPL, Rangel AHN, Borba LHF, Urbano SA, Novaes LP, Galvão-Júnior JG, et al. Quality indicators of tank milk in different production systems of tropical regions. Semina Ciênc Agrar 2016;37(4):2807-2818.

Cervantes E. F., Cesín V.A., Mamani O. I. 2013. La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias,*4*(1), 75-86. Recuperado en 27 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000100006&lng=es&tlng=es

Castañeda, M. T. (2005): Análisis del riego en el noroeste del Estado de México y su contribución a la actividad agropecuaria. Tesis de Maestría, Toluca, Estado de México, UAEM, 137 pp.

Castañeda, M. T., Boucher, F., Sánchez, V. E. y Espinoza, O. A. (2008): La concentración de agroindustrias rurales de producción de quesos en el noroeste del Estado de México: un estudio de caracterización. Estudios Sociales, Nº 34.

COFOCALEC. 2023. NORMA MEXICANA NMX-F-700-COFOCALEC-2012 Sistema Producto Leche – Alimento – Lácteo – Leche Cruda de Vaca – Especificaciones Fisicoquímicas, Sanitarias y Métodos de Prueba. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados A.C.

Fernández, M.A.L., Martínez, B.L,. Paredes, M.L.F.; Quispe, S.G.G.; Pareja, L.J.C, Moore, L.J, Pérez, C.L.M, Lázaro, O.C.E, Palomino, C.W. (2010). Tecnología productiva de lácteos. Calidad de leche. Ayacucho, Perú: Solid OPD.

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L., & O'Mahony, J. A. 2015b. Milk Proteins. (C. Springer, Ed.) Dairy Chemistry and Biochemistry, 145-239. doi:10.1007/978- 3-319-14892-2_4.

INEGI. 2012. Síntesis de información geográfica del Estado de México. Aguascalientes, México. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825220594

INEGI. 2020. Estado de México: Población. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825220594

Jiménez-Jiménez, R., Rendón-Rendón, M., Chávez-Pérez, L., & Espinosa-Ortiz, V. 2020. Calidad de la leche en los concursos de la vaca lechera en el sistema de producción familiar. *Abanico agroforestal*, *2*.

Keating, P y Rodríguez, H. 2002. Introducción a la lactología. 2 ed. Editorial Limusa. Mexico. 309p

López B.F. Sepúlveda V.J., Restrepo M.J. 2011. Ensayo y funcionalidad de un sustituyente de sólidos no grasos lácteos en una mezcla para helado. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *63*(2), 5729–5744. https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/25060

Magariños H. 2001. Producción higiénica de la leche cruda. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala p.96

Martinez-A. M., Ribot-Enríquez, Ariel, Martínez-Vasallo, Ailin, Capdevila-Varela, José, & Hernández-Rodríguez, Robier. (2017). Influencia de la época del año sobre la calidad físico-química de la leche en una provincia de la región occidental de Cuba. *Revista de Salud Animal*, *39*(3), 00. Recuperado en 27 de mayo de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000300010&lng=es&tlng=es.

Montaño M.I.E, Avendaño R.B.D, Acosta M.A.I, Mesías D.F.J, 2013. Preferencias de leche fresca de bovino del consumidor de Baja California, México.*Revista mexicana de ciencias pecuarias*,*4*(1), 47-60. Recuperado en 01 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000100004&lng=es&tlng=es

Páez, L, López N, Salas K; Spaldiliero A; Verde O. 2002 Características físico-químicas de la leche cruda en las zonas de Aroa y Yaracal, Venezuela. Científica, vol. 12, núm. 2, abril, 2002, Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal, México.

Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. Nutrition, 30(6), 619-627. doi:10.1016/j.nut.2013.10.011

Ramírez L. C. y Vélez R. J. F. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. Temas selectos de ingeniería de Alimentos, 6(2), 131-148. doi:https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Ramirez_Lopez/publication/303959697_Quesos_frescos_propiedades_metodos_de_determinacion_y_factores_que_afectan_su_calidad/links/57601b6208ae227f4a3ee94e/Quesosfrescos-propiedades-metodos-de-determinacion-y-fa

Sorrosa S.D.U. 2023. “Calidad higiénica de la leche procesada en agroindustrias queseras de la comunidad de Río Grande, Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No 2. Universidad Autónoma de Guerrero.

Vásquez Castillo K.K. 2018. Caracterización Fisicoquímica y Organoléptica de leche entera ultrapasteurizada (UHT) procesadas en las empresas lácteas establecidas en Nicaragua. Laboratorio de Fisicoquímica de Lácteos Centroamericanos, Enero - Mayo 2017. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias e Ingeniería Departamento de Química. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINA EN ZONAS MARGINADAS DEL MUNICIPIO DE JUVENTINO ROSAS, GUANAJUATO.

*[1]Tufiño-Loza C., [1]Díaz-Aparicio E., [1]Gutiérrez-Hernández J.L., [1]Palomares-Resendiz E.G., [2]Musito A.S., [2]Guzmán O.M.I., [3]Martínez P.A., [4]Arellano-González S., [1]Herrera-López E.

[1]CENID-Salud Animal e Inocuidad–INIFAP, [2]Universidad Mesoamericana, Morelos, [3]FES-Cuautitlán-UNAM, [4]Asociación Ganadera Local del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.
Catalina Tufiño Loza. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Carretera México-Toluca km 15.5, Col. Palo Alto, Alcaldía Cuajimalpa de Morelos, CP. 05110, Ciudad de México. hidra1983@gmail.com, 01(55)31991762.

Resumen
La caprinocultura es una actividad de subsistencia que potencialmente puede incrementar su productividad identificando sus fortalezas y debilidades de acuerdo a su entorno y componentes, que le permitirán transformarse en una actividad productiva. Por ello, el objetivo de este estudio fue analizar las principales características de la producción caprina en zonas marginadas del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato, en su perfil socioeconómico, productivo, reproductivo y sanitario. Este estudio se realizó mediante la participación voluntaria de 33 caprinocultores distribuidos en siete comunidades del municipio a los que se les aplicó una encuesta a fin de recolectar las características de cada unidad de producción (UP). El promedio de edad de los productores se observó en 53 años. El fin productivo de las UP son la producción de leche (93.9%) y la producción de carne (6.1%). Los sistemas de producción predominantes son el estabulado y semiestabulado. Su alimentación está basada en el pastoreo en agostadero, el consumo de forraje de corte verde, ensilado, brócoli molido y zanahorias secas. El promedio del tamaño de los rebaños fue de 23 semovientes. La mano de obra es principalmente de tipo familiar y realizan otras actividades productivas como la agrícola y ganadera con la cría de otras especies. Los productos generados se emplean para el consumo familiar o con fines de comercialización local. Presentan escasa infraestructura y sus niveles de productividad son bajos. Además, no llevan registros productivos, ni económicos, por lo que desconocen sus parámetros productivos, costos de producción y por ende, no tienen herramientas para determinar los precios adecuados a sus productos, sus ganancias y sus pérdidas. Los principales problemas de salud animal son la linfadenitis caseosa (45.5%), mastitis (39.4%), abortos (36.4%), neumonías (27.3), diarreas (27.3%), artritis encefalitis caprina (21.2%), parasitosis (15.2%) y ectima contagioso (12.2%). Por ello, se recomienda la intensificación de la asistencia técnica y la implementación de programas integrales de salud animal para disminuir los problemas productivos y en consecuencia, mejorar la calidad e higiene en sus productos.

Introducción
La caprinocultura en México es una actividad de gran importancia socioeconómica en zonas rurales dado que provee fuentes de empleo, ingresos económicos y seguridad alimentaria. Este sector productivo se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país y se caracteriza por emplear mano de obra familiar y desarrollarse en forma extensiva con un nivel tecnológico bajo. A pesar de ello, dicha actividad es redituable a corto plazo, por su alta prolificidad reproductiva y demanda de la carne de cabrito en el Norte y parte del Centro de la República, el chivo cebado en el Pacífico y la región Mixteca, y la producción de leche y sus derivados como quesos y dulces en La Laguna, Centro y Bajío. Esto ofrece a los productores de caprinos nacionales oportunidades de crecimiento económico sustentable en sus productos y subproductos con mayor valor comercial. México es el 26º productor de leche de caprino a nivel mundial y representan un sector vital de subsistencia nutricional y económica, además de ofrecer productos con alto valor nutricional (SIAP, 2022). El estado de Guanajuato y la región lagunera del estado de Coahuila producen poco más del 70 % de leche caprina, la cual se utiliza para la elaboración de quesos y dulces. Es importante destacar que, aproximadamente un 75% de los rebaños caprinos en el país se desarrollan bajo un sistema de producción extensivo, donde, la alimentación se basa en el pastoreo en grandes superficies de vegetación natural y que además, es complementada con

residuos de cosecha agrícolas de temporal y de riego. Se estima que un 80% de las unidades de producción caprina de nuestro país son de subsistencia, establecidos en estratos de población rural con ingresos bajos, rezago tecnológico, un manejo deficiente en la salud animal, ausencia de canales de comercialización, poca atención de instituciones públicas y escasa o nula asistencia técnica (Aréchiga et al. 2008; Valdes, 2017). Sin embargo, es una actividad que potencialmente puede incrementar su productividad mediante la implementación de paquetes tecnológicos que contemplen la asistencia técnica sanitaria, capacitación, el uso de tecnologías de bajo costo y la organización de registros productivos, lo que coadyuvará a mejorar sus índices productivos y transformar esta actividad de subsistencia a productiva. Por ello, el objetivo de este estudio fue describir las principales características socioeconómicas, productivas, sanitarias y reproductivas en unidades de producción caprina en zonas catalogadas como de alta marginalidad, en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

Material y Métodos

Este estudio se realizó mediante la participación voluntaria de caprinocultores distribuidos en las comunidades de San Juan de la Cruz, Emiliano Zapata, Cerrito de Gasca, Naranjillo, La Purísima, San José de los Manantiales y la periferia de la cabecera municipal, zonas consideradas de alta marginalidad, en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas. Cada productor fue visitado en su unidad de producción para la aplicación de una encuesta durante el periodo de marzo a junio del 2022.

Se seleccionaron a 33 unidades de producción con un máximo de 70 semovientes, donde, la agricultura y/o ganadería de traspatio fuese su principal fuente de ingresos y que preferentemente utilizaran recursos propios de la región como tierras de agostadero o terrenos ejidales para el pastoreo. Además, que contaran con escasa o nula asistencia técnica; priorizando a aquellos productores pertenecientes a zonas marginales.

La encuesta aplicada constó de 100 preguntas divididas en diferentes secciones que fueron: la información general del caprinocultor y su unidad de producción, aspectos sociales y económicos, inventarios, prácticas de manejo y componentes tecnológicos (genética, reproducción, prácticas agronómicas, sanidad, manejo de la ordeña), comercialización, inversiones, problemáticas y la interacción con otras instituciones. Los datos obtenidos en cada unidad de producción se integraron en bases de datos, mismas que permitieron el análisis de la información para la determinación de frecuencias de las diferentes características de mayor importancia de cada perfil a analizar, esto, mediante un programa para análisis de datos estadístico (CDC, 2021).

Resultados

Perfil socioeconómico y cultural

El promedio de edad de los productores considerados en este estudio fue de 53 años. El 27.2% (9/33) de ellos, se encontraron entre los 50 a 59 años de edad, el 36.4% (12/33) fueron menores de 50 años, siendo la edad del productor más joven, 34 años; el 36.4% restante eran mayores de 60 años, donde el productor con mayor edad fue de 69 años. El cuidado de los rebaños caprinos se encontró en un 78.8% (26/33) liderado por hombres y el 21.2% (7/33) por mujeres. En cuanto al nivel educativo de los caprinocultores, el 87.9% (29/33) declaró saber leer y escribir; el 15.2% (5/33) tiene una educación primaria completa, el 21.2% (7/33) tiene una educación secundaria completa, el 3% (1/33) cuenta con estudios de preparatoria completa y el 3% tiene una licenciatura. En contraste, el 39.4% (13/33) tiene estudios incompletos de primaria, el 3.1% (1/33) de secundaria incompleta y el 12.1% (4/33) indicó no tener estudios. Para el 24.2% (8/33) de los productores, la caprinocultura representa su única fuente de ingresos, los productores indicaron tener otras actividades económicas fuera de su unidad de producción, principalmente como asalariados eventuales 30.3% (10/33), asalariados fijos 9.1% (3/33) y el 15.2% (5/33) tiene un negocio particular.

La asistencia técnica relacionada con la producción caprina que han recibido los productores, ha sido nula en un 63.6% (21/33), el 36.4% (12/33) restante indicaron haberla recibido durante un periodo de tiempo que abarcó de uno y hasta 15 años. El 48.5% (16/33) de los productores se encuentra afiliado a alguna asociación ganadera. El 93.9% (31/33) de los productores encuestados declaró que el principal producto obtenido de la caprinocultura en sus rebaños es la leche, un 72.7% (24/33) también venden animales para el aprovechamiento de su carne y un 45.5% (15/33) del total, llegan a comercializar a caprinos para reemplazos. Un 60.6% (20/33) de los productores le da un

valor agregado a la leche y a la carne, produciendo quesos un 48.5% (16/33), yogurt un 3% (1/33), cajeta un 3% (1/33) y birria un 3% (1/33), aunque cabe destacar que la comercialización de los mismos es de manera local y solo por temporadas. Estos productos son comercializados directo al consumidor un 27.3% (9/33), al quesero un 6% (2/33), a un intermediario un 33.3% (11/33) o en un centro de acopio un 33.3% (11/33). En el caso de los animales considerados de desecho, los productores mencionaron venderlos a otros productores un 6% (2/33), a un acopiador un 81.8% (27/33) o a un intermediario un 72.7% (24/33).

El valor promedio de los productos en las unidades de producción consideradas para este estudio fueron: $8.45 por litro de leche, siendo el mayor precio $9.50 a aquellos que entregan este producto a un centro de acopio, $90.00 por 1 Kg de queso fresco, $550.00 por cabrito en pié, $1,500.00 por semental de 6 a 8 meses y de $450.00 a $2,000.00 a aquellos animales de desecho, su precio varía de acuerdo a la condición de carnes, edad y talla. El 18.2% (6/33) de los productores declararon consumir la leche producida por sus animales, un 27.3% (9/33) la transforma e introduce a su dieta como queso, el cabrito es consumido en fechas especiales por un 24.2% (8/33) de los encuestados y un 3% (1/33) elabora yogurt para autoconsumo.

La inversiones realizadas por los productores en el año 2021, previo a la realización de este estudio, se han destinado principalmente a la compra de animales para pie de cría en el 27.3% (9/33) de los casos, el 21.2% (7/33) de los encuestados declararon invertir en la mejora de instalaciones y vivienda, por último, el 9.1% (3/33) en maquinaria nueva o en la reparación de tractor y camionetas, herramientas utilizadas para las labores del campo y la caprinocultura. Las principales problemáticas a las que se enfrentan los caprinocultores, indicadas por ellos mismos, son los altos costos de insumos y servicios requeridos en la caprinocultura en un 72.7% (24/33), la falta de capacitación y asistencia técnica un 66.7% (22/33), la falta de apoyos del gobierno para invertir en el campo un 45.5% (15/33), infraestructura adecuada un 36.4% (12/33), las condiciones medioambientales como la sequía un 33.3% (11/33), la pérdida de fertilidad de los suelos un 9.1% (3/33) y su impacto en los bajos rendimientos productivos en un 21.2% (7/33), el bajo valor monetario de sus productos en un 18.2% (6/33), la falta de canales de comercialización para sus productos un 6.1% (2/33), la falta de investigación y transferencia de tecnología un 6.1% (2/33) adecuada a sus sistemas de producción y entorno ecológico y finalmente, una genética deficiente en sus animales un 3% (1/33). Los productores también indicaron que han recibido visitas de diversas instituciones como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural un 45.5% (15/33), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) un 12.1% (4/33), el Comité de Fomento y Protección Pecuaria del estado de Guanajuato un 15.2% (5/33) y de la Dirección de Desarrollo Rural del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas en un 3% (1/33). En los cuadro 1 y 2 se muestra la distribución de las unidades de producción caprina encuestadas así como sus principales características en cada comunidad, y algunos parámetros productivos.

Cuadro 1. Características de las unidades de producción caprina de tipo familiar encuestadas en cada comunidad del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

Comunidad	UP	Fin productivo	Aporte de ingresos de la caprinocultura a cada UP			Sistema de producción		
			< 50%	> 50%	100%	Est.	Semi.	Ext.
Cabecera municipal	1	Leche	1	-	-	1	-	-
Cerrito de Gasca	7	Leche	2	3	2	4	3	-
Emiliano Zapata	2	Leche	2	-	-	2	-	-
Naranjillo	10	Leche/Carne	5	3	2	4	6	-
La Purísima	3	Leche	-	1	2	1	2	-
S. J. Manantiales	1	Leche	-	1	-	-	-	1
S. Juan de la Cruz	9	Leche	4	3	2	4	5	-

UP: Unidades de producción / Est.: Estabulado / Semi.: Semiestabulado / Ext.: Extensivo

Cuadro 2. Parámetros de las unidades de producción caprina de tipo familiar encuestadas del municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato.

Variable	Media	D. E.	Mínimo	Máximo
Edad Productor (años)	53.6	10.5	34	69
Tamaño de rebaño	23	17	3	71
Cabras 1er. parto	4	5	0	18
Cabras secas	4	5	0	17
Cabras en ordeña	13	13	0	45
Sementales	1	1	0	2
Cabritos				
Hembras	4	5	0	20
Machos	2	4	0	15
Leche (litros/cabra)	1.6	0.5	0.9	2.27
Precio de la leche (litro)	8.4	0.45	8	9
% Mortalidad en cabritos	2.9	7.1	0	28.6
% Mortalidad en adultos	2.4	4.1	0	13.3
Abortos	1	2	0	5

D. E.: Desviación Estándar

Perfil del manejo productivo del rebaño

El principal objetivo de las unidades de producción caprina consideradas en este estudio es la producción de leche con un 93.9% (31/33). La alimentación de los animales está basada principalmente en el pastoreo en tierras comunales, complementando la dieta con rastrojos de maíz y avena, forraje de corte verde, ensilado de maíz, henos y otros insumos de la zona como brócoli molido y zanahorias secas. El 42.4% (14/33) de los productores encuestados complementa con bloques de sales, vitaminas y concentrados en los corrales.

De los rebaños que se dedican a la producción de leche, el 83.9% (26/31) realiza su ordeña de forma manual y el 67.7% (21/31) de los productores ordeña una vez al día, ninguno de ellos lleva un registro de lo producido por día, semana, mes o animal/día. La composición genética de los rebaños son cruzas de razas lecheras como Saanen, Alpina francesa, Nubia y Toggenburg, y para los rebaños dedicados a la producción de carne de caprino se encontró a la raza Boer y animales criollos.

Los rebaños caprinos estudiados disponen de la siguiente infraestructura: el corral de manejo un 45.4% (15/33), sala de ordeño un 15.1% (5/33), corral de ordeño un 15.1% (5/33), banco de ordeño 9.1% (3/33), corral de hembras lactantes un 48.5% (16/33), corral de hembras con cría un 36.4% (12/33), corral de hembras en desarrollo un 33.3% (11/33), corral de cabritos un 27.3% (9/33), corral de engorda un 9.1% (3/33), corral para semental un 27.3% (9/33), cerco eléctrico un 3% (1/33), bodega un 36.4% (12/33), silos un 6.1% (2/33), taller de lácteos un 15.2% (5/33); adicional a las instalaciones destinadas para la producción caprina, el 54.5% (18/33) de los productores declararon contar con tierras de agostadero para la alimentación de sus animales.

La maquinaria y equipo con que cuentan son: arado un 27.3% (9/33), tractor un 30.3% (10/33), rastra un 18.2% (6/33), picadora un 9.1% (3/33), molino un 18.2% (6/33), ensiladora un 12.1% (4/33), empacadora un 12.1%(4/33), bomba de agua un 15.2% (5/33), bomba de mochila un 24.2% (8/33), báscula un 15.2% (5/33), ordeñadora mecánica un 15.2% (5/33), cubeta con chupones para la crianza artificial un 3% (1/33), tinas para preparar la cuajada un 15.2% (5/33), descremadora un 6.1% (2/33), pasteurizadora un 9.1% (3/33), camioneta un 57.6% (19/33) y remolque para tractor un 15.2% (5/33). El 24.2% (8/33) de los caprinocultores cuentan con un tanque enfriador para leche de uso comunitario, de igual forma, comparten algunos insumos como el agostadero, el arado, la bomba de agua, la báscula, la bodega, la camioneta, la cubeta con chupones para la crianza artificial, la descremadora, empacadora, ensiladora, molino, pasteurizadora, picadora, rastra, remolque, tinas para preparar la cuajada, el taller de lácteos y el tractor, son de uso compartido por el 27.3% (9/33) de los productores.

La identificación de los animales es llevada a cabo en el 54.5% (18/33) de los rebaños, y solo el 18.2% (6/33) lleva registros generales de los animales como la fecha y peso al nacimiento, edad al primer servicio, fechas de empadre y partos. El 45.4% (15/33) lleva un registro de producción de leche y solo el 18.2% (6/33) lleva registros de los ingresos obtenidos por la venta de los productos

generados. Otras de las actividades indicadas por los productores además de la caprinocultura, fueron la agricultura un 69.7% (23/33) y crianza y producción de otras especies ganaderas un 51.5% (17/33) como las aves un 47.1% (8/17), ovinos un 29.4% (5/17), bovinos un 23.5% (4/17) y porcinos un 11.8% (2/17), entre otros.

Perfil del manejo reproductivo del rebaño
Los principales criterios para la selección de hembras para reemplazo señalados por los caprinocultores son: el fenotipo y forma de la ubre, así como la producción de la madre. En cuanto a la selección de los sementales los criterios fueron el fenotipo, la líbido e inclusive, la recomendación hecha por otro productor. Se encontró que del total de los rebaños estudiados, un 18.2% (6/33) tienen sementales propios y un 36.4% (12/33) utiliza sementales prestados. El 36.4% (12/33) de los productores determina la condición corporal de las hembras antes del empadre. El tipo de empadre empleado en estos rebaños es la monta natural, principalmente determinada por el cese de productividad láctea y la actividad sexual de los animales manifestada en ciertas épocas del año (verano y otoño) en un 90.9% (30/33), mientras que el 9.1% (3/33) lo hace de forma continua, es decir, el semental y las hembras permanecen juntos todo el tiempo. En el 6.1% (2/33) de los rebaños se realiza el diagnóstico de gestación y la mayoría de los partos ocurre entre los meses de noviembre a abril. Todos los productores aseguran el consumo de calostro por parte de los cabritos y solo el 9.1% (3/33) lleva a cabo crianza artificial. El 48.5% (16/33) de los caprinocultores realizan la desinfección del ombligo al momento del nacimiento. El descorne de los animales se realiza en 66.7% (22/33) de los rebaños, siendo el método más común el fierro candente con un 30.3% (10/33).

Perfil del manejo sanitario del rebaño
Los caprinocultores mostraron una participación del 78.8% (26/33) en las campaña zoosanitaria de brucelosis, incluyendo la inmunización de los animales contra la enfermedad. Solo en el 15.2% (5/33) de los rebaños estudiados ha inmunizado alguna vez contra otras enfermedades como el complejo respiratorio, la enterotoxemia, el edema maligno y la rabia. El 90.9% (30/33) de los caprinocultores también realizan desparasitaciones contra parásitos internos y el 81.8% (27/33) contra parásitos externos siendo de estos últimos la mas común la infestación por piojos; solo el 6.1% (2/33) de los productores hace un estudio coproparasitoscópico previo y el 18.2% (6/33) de ellos desparasitan específicamente contra *Fasciola hepatica*.
Los principales problemas de salud animal apreciados por los productores en los rebaños son: la linfadenitis caseosa en un 45.5% (15/33), la mastitis en un 39.4% (13/33), los abortos en un 36.4% (12/33), los problemas de ojos en un 33.3% (11/33), las neumonías en un 27.3% (9/33), las diarreas neonatales en un 27.3% (9/33), la artritis encefalitis caprina en un 21.2% (7/33), las parasitosis en un 15.2% (5/33) y el ectima contagioso en un 12.1% (4/33). Respecto a las prácticas para contrarrestar la mastitis en los rebaños productores de leche, en el 35.5% (11/31) de ellos se hace diagnóstico con la prueba de California y tazón de fondo oscuro, el 12.9% (4/31) de los productores realizan la limpieza de los pezones, su secado con material desechable individual, el despunte y el uso de selladores; en el 45.2% (14/31) de los rebaños no se realiza ninguna de las actividades mencionados, el resto de los productores, cumple con al menos uno de los procesos anteriormente descritos.
Las principales causas para el desecho de los animales en edad productiva fue la baja de su producción, la edad avanzada o por enfermedad. El 60.6% (20/33) de los rebaños realiza algún manejo con las excretas, como abono en un 60% (12/20), composta en un 30% (6/20) y lombricomposta en un 5% (1/20).

Discusión y Conclusiones
El promedio de edad de los caprinocultores en este estudio es similar a lo reportado en otros trabajos (Escareño-Sánchez et al. 2011; Martínez-Partida et al. 2011; Salinas et al. 2016) realizados en la comarca lagunera y en Baja California, al igual que el nivel educativo de los productores, en donde la mayoría de los líderes de las unidades de producción familiar cuentan con primaria trunca o completa (Hernández et al. 2011; Lázaro, 2020).

Los estudios realizados por Ducoing (2005), Jiménez (2009) y Chávez-Espinosa et al. (2022), reportan que en la mayoría de los sistemas de producción caprina en México, la mano de obra

requerida para realizar las actividades propias de la caprinocultura es aportada principalmente por los miembros de la familia, que además, realizan otras actividades productivas complementarias como la agricultura y la cría de otras especies productivas; recalcan también que el pastoreo es una práctica común que permite reducir los costos de alimentación y que los productos generados se emplean para consumo familiar o con fines de comercialización local. En estos trabajos también se menciona que existe escasa infraestructura y que los niveles de productividad tienden a ser bajos; todas estas características también fueron encontradas en este estudio aunque no fue posible cuantificar el nivel de productividad en los rebaños. Al igual que lo reportado por Martínez-Partida et al. (2011) y Salinas et al. (2016), se observó que los productores no llevan registros productivos ni económicos, por lo que desconocen sus parámetros productivos, costos de producción y por ende, como determinar los precios adecuados a sus productos.

En este estudio se encontró que los hombres lideran en su mayoría las actividades de pastoreo y cuidado de los animales, mientras que las mujeres lideran las actividades de ordeña y transformación de la leche en otros productos como el queso, yogurt y cajeta. Chacón y Mora (2017) y Lázaro (2020) encontraron proporciones muy similares en productores del estado de Oaxaca y en el municipio de San Miguel, en Costa Rica, respectivamente. La participación de la mujer se debe primordialmente a la necesidad de preservar su patrimonio familiar en el caso de mujeres viudas, además de contribuir al ingreso económico para el hogar, aportando al desarrollo social y ambiental de sus comunidades (Herrera et al. 2017; Lázaro, 2020). De acuerdo a los aspectos gremiales, casi el 50% de los productores pertenecen a un grupo o asociación ganadera, es importante destacar que este tipo de asociaciones en México, contribuyen a un mejor control en el padrón ganadero y a la obtención de beneficios para el campo a través de programas gubernamentales.

Para la mayoría de los productores encuestados en este estudio, la caprinocultura resulta ser una actividad complementaria, ya que su principal fuente de ingresos proviene de otras actividades como la agricultura, la crianza de otras especies con fines productivos y algunos otros, cuentan con empleos temporales o fijos. Esta situación es comparable con grupos de caprinocultores de San Luis Potosí y Oaxaca (Perales et al. 2013; Lázaro, 2020). Cabe destacar que a diferencia de los sistemas de producción familiar establecidos en otros estados como Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila, donde el fin zootécnico es la producción de carne, el principal producto obtenido y comercializado en Guanajuato es la leche (SIAP, 2022). Los rebaños caprinos cuentan con diversos bienes que les facilita realizar distintas actividades agropecuarias, incluido el uso comunal de tierras ejidales, camionetas, picadoras, remolques, tanque enfriador de leche, taller de lácteos, entre otros, lo que les podría brindar el potencial de tener un mayor rendimiento por transformación y comercialización de sus productos.

Referente al manejo reproductivo de los rebaños considerados en este estudio, es similar a lo reportado por Delgadillo y Martin (2015), Salinas et al. (2016), Chacón y Mora (2017) y Salazar (2022), siendo la monta natural el método de empadre más usado y la selección de animales para la reproducción basada principalmente en la apariencia física. El periodo de partos reportado por los productores encuestados en este estudio se ubica entre los meses de noviembre a abril, tal como han descrito Salinas et al. 2016 en la comarca Lagunera en México. La ordeña se realiza principalmente dentro del corral, en áreas no específicas para ello y sin las prácticas higiénicas adecuadas, característica también reportada por Salinas et al. (2016) en las unidades de producción familiares de la comarca lagunera. Esto puede explicar el por qué en este estudio, la mastitis es uno de los problemas de salud animal más recurrentes y reportados por los productores, aunado a ello, cabe destacar que el hecho de que los animales permanezcan hacinados en un único corral y no existan prácticas preventivas como la vacunación, también puede favorecer la transmisión y permanencia de otras enfermedades infecciosas causantes de abortos u otros padecimientos como neumonías, parasitosis, ectima contagioso y linfadenitis caseosa, mismas que fueron también reportadas como frecuentes en este estudio y en otros trabajos similares (Jiménez et al. 2009; Salinas et al. 2016; Lázaro, 2020).

En este estudio se encontró que la comercialización de la leche está arraigada al intermediarismo y los productos transformados como el queso, son vendidos de forma directa hacia consumidores locales, Valdés (2017) considera que esta última práctica contribuye a obtener mayores ganancias. De acuerdo con Aréchiga et al. (2008), el productor solo llega a ganar el 20% del valor final que paga el consumidor del cabrito. El esquema de comercialización de productos caprinos es considerado deficiente debido a que esta actividad se desarrolla de manera informal, pues carece de una cadena

de producción formalizada y además, es frecuente ver al intermediario como comprador principal (ITESM, 2003). Rivas-Infante y colaboradores (2018), determinaron en un estudio en que el intermediarismo y sus efectos negativos disminuyen cuando existe asociatividad, lo que significa asociarse y contar con las competencias necesarias para intervenir adecuadamente en la comercialización y el acopio con fines de retener la mayor parte de las ganancias. Esto mismo se observó en algunos productores de la comunidad de San Juan de la Cruz, los cuales están organizados y han homogeneizado sus prácticas, lo que ha resultado en un incremento en el pago del litro de leche, de $8 a $9 pesos.

Analizando las problemáticas señaladas por los caprinocultores, estas, se encuentran relacionadas principalmente a que aún hoy en día, la ganadería caprina es uno de los sectores que ha recibido menor atención por parte de los gobiernos y organizaciones internacionales, además del escaso interés por parte sector académico, así como de los grupos sociales que la componen (Dubeuf et al. 2004; Anzaldo-Montoya, 2020). Diversos estudios han mostrado la grave problemática de los intermediarios y los compradores industriales de leche, los cuales no están dispuestos a pagar un precio justo al productor (Barrera-Perales et al. 2018; Anzaldo Montoya, 2020). Desafortunadas políticas y reformas que dieron lugar a la privatización de tierras de uso colectivo, llevaron a la pérdida de acceso a recursos naturales que solían ser de uso común (Oseguera-Montiel et al. 2014), esto contribuyó al fracaso de programas gubernamentales de mejoramiento de ganado, que además, no fueron bien enfocados a las condiciones locales de crianza y llevaron a la cruza indiscriminada entre las cabras criollas (Escareño-Sánchez et al. 2011). Aunado a esto, se encuentra el despojo de territorios para favorecer proyectos agroindustriales, así como el envejecimiento y el abandono de las comunidades rurales por otras problemáticas sociales (Anzaldo-Montoya, 2020). Cabe destacar también que varios de los productores encuestados declararon mediante comunicación personal que, el mayor interés para ellos es la producción de leche y no la transformación de la misma en otros productos con valor agregado, situación que puede estar relacionada con las prácticas ya arraigadas en ellos y el sobre esfuerzo que esto pueda implicarles, considerando además que en su mayoría, son adultos mayores.

No obstante, la caprinocultura familiar en el municipio de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato, contribuye a la soberanía alimentaria de las familias que la practican y estos estudios nos permiten identificar fortalezas, debilidades y puntos de mejoramiento de la cadena productiva, el valor agregado y aspectos organizacionales, a fin de fortalecer a los productores en el desarrollo de capacidades que les permita generar mayores ingresos. Por ello, se recomienda la intensificación de la asistencia técnica y la implementación de programas integrales de salud animal para coadyuvar a paliar los problemas productivos y por ende, de calidad e higiene en sus productos.

Agradecimientos

Proyecto parcialmente financiado por el CONAHCYT. “Programa sanitario en rebaños caprinos para aumentar la eficiencia productiva y la seguridad alimentaria, en zonas marginales del municipio de Juventino Rosas, Guanajuato, México” y por el proyecto fiscal “Seguimiento epidemiológico de un programa sanitario en rebaños caprinos, ubicados en zonas marginales del municipio de Juventino Rosas, Guanajuato, México”.

Literatura Citada

Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 9(1), 1-14.

Anzaldo-Montoya, M. (2020). Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, 30(55).

Barrera Perales, O. T., Sagarnaga Villegas, L. M., Salas González, J. M., Leos Rodríguez, J. A., & Santos Lavalle, R. (2018). Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. Mundo Agrario, 19(40), 77-e1.

Chacón-Villalobos, A., & Mora-Valverde, D. (2017). Caracterización sectorial de la caprinocultura en Costa Rica. Nutrición Animal Tropical, 11(2), 23-60.

Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. Revista MVZ Córdoba, 27(1), e2246-e2246.

Dubeuf, J. P., Morand-Fehr, P., & Rubino, R. (2004). Situation, changes and future of goat industry around the world. Small Ruminant Research, 51(2), 165-173.

Delgadillo, J. A., & Martin, G. B. (2015). Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: A focus on the needs of grazing industries. Animal Frontiers, 5(1), 57-65.

Ducoing, W. A. E. (2013). Situación de la Caprinocultura en México. Consultado en: https://amaltea. fmvz. unam. mx/Dr% 20Andres,% 20doctos/Sitauci% C3% B3n% 20de% 20la% 20caprinocultura% 20mexicana. pdf.

Escareño-Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 17(SPE), 235-246.

Hernández, J. E., Franco, F. J., Villarreal, O. A., Camacho, J. C., & Pedraza, R. M. (2011). Caracterización socioeconómica y productiva de unidades caprinas familiares en la mixteca poblana. Archivos de zootecnia, 60(230), 175-182.

Herrera, C. R., & Ramírez, F. (2017). Mujeres y Ganadería: Participación y toma de decisiones de las mujeres ganaderas en la mitigación y adaptación frente al cambio climático en el marco de NAMA GANADERÍA del distrito de Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica. De la práctica a las políticas, 69.

Lázaro Juárez, E. I. (2020). Fortalecimiento del sistema productivo de un grupo de caprinocultores de Ayoquezco de Aldama, Zimatlán, Oaxaca, bajo principios de Economía Solidaria.

Rivas-Infante, C. A., Garza-Bueno, L. E., & Mejía-Hernández, J. M. (1870). Una experiencia de productores sobre retención de riqueza y su contribución para reducir el intermediarismo. agric. soc. desarro [online]. 2018, vol. 15, n. 3. ISSN, 5472, 379-397.

ITESM (2013). Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología Cadena de Caprinos del Estado de Nuevo León. Cadena Productiva de Caprinos Resultados Preliminares. COFUPRO, SAGARPA, FUNDACION PRODUCE. Monterrey, N.L.

Jiménez, A. M., & Sánchez, J. L. O. (2009). Caracterización de la caprinocultura en el municipio de Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca, México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 8(1), 75-80.es el de mendoza

Martínez-Partida, J. A., Jiménez-Sánchez, L., Herrera-Haro, J. G., Valtierra-Pacheco, E., Sánchez-López, E., & López-Reyna, M. C. (2011). Ganadería ovino-caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. Universidad y ciencia, 27(3), 331-344.

Perales, B., & Tadeo, O. (2013). Caracterización e importancia socioeconómica y ambiental de la producción caprina en altiplano potosino. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.

Oseguera Montiel, D., Keilbach Baer, N. M., van der Zijpp, A., Sato, C., & Udo, H. (2014). 'It is better to herd than be herded': making a living with goats in the Bajío region, Mexico. Pastoralism, 4(1), 1-18.

Salazar Manrique, J. O. (2022). Caracterización de la caprinocultura en el municipio de San Miguel, Santander.

Salinas, G. H., Meza, H. C. A., Escareño, S. L. M., Echavarria, C. F. G., Maldonado, J. J. A., & Pastor, L. F. J. (2015). Introducción. Sistemas de producción caprinos carne-leche. Tendencias productivas en México y el mundo. En: Enfermedades de las cabras. (293 p). México: INIFAP.

Salinas-González, H., Moysen, E. D. V., de Santiago, M. D. L. A., Deras, F. G. V., Jáquez, J. A. M., Monroy, L. I. V., ... & Viramontes, U. F. (2016). Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. Interciencia, 41(11), 763-768. Es el 2015b

SIAP. (2023). Avance mensual de la producción mensual pecuaria. Por producto, Año: 2022, Tipo: Acumulado, Entidad federativa: Guanajuato, Municipio: Todos, Producto: Leche de caprino. Consultado en: https://nube.siap.gob.mx/avance_pecuario/

SIAP. (2022). Panorama agroalimentario 2022. Consultado en: https://drive.google.com/file/d/1T4zHV8I1TfvE7MihPFj6maXxKV6cjVc2/view

Valdes, F. O. (2017). Perspectivas para el desarrollo de la caprinocultura en México. CEDRSSA, (117 p). México. Consultado en: http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/49Perspectivas%20para%20el%20desarrollo%20de%20la%20caprinocultura%20en%20M%C3%A9xico.pdf

DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE EQUILIBRIO EN UNA UNIDAD DE PRODUCCION DE LECHE BOVINA A PEQUEÑA ESCALA EN HUILA, COLOMBIA

Rojas T.A**.,** Espinosa O.V.E., Chávez P. L. M., Miguel E.M.*

RESUMEN

La producción de leche bovina en Colombia es prioritaria para la economía de los pequeños y medianos productores y para la nutrición de la población; sin embargo, este tipo de sistemas productivos carece, en su mayoría, de información que les ayude a planear, formular objetivos y estrategias para sobrevivir a la competencia desequilibrada que enfrentan con grandes empresas trasnacionales, lo cual ha ocasionado que algunas de las pequeñas unidades desaparezcan. Una herramienta útil es la contabilidad de costos, metodología que hace posible la determinación de los puntos de equilibrio (PE), indicadores que señalan el nivel de productividad donde los ingresos igualan a los egresos, momento en que se define si la empresa es rentable o presenta perdidas económicas. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar los PE en una unidad de producción de leche bovina a pequeña escala localizada en Pitalito, Huila, Colombia. La recopilación de la información se realizó durante el mes de febrero del 2023 utilizando la metodología de investigación – acción participativa, aplicando encuestas semiestructuradas al propietario y al trabajador de la empresa. La finca cuenta con 19 vacas en producción con un promedio de 12.4 litros de leche al día, la cual se vende a $9.55 pesos mexicanos. Se consideraron todos los insumos que intervienen en el costo de producción de leche, incluyendo los costos directos e indirectos, mientras que como único ingreso se contempló la venta de leche cruda. Para determinar los indicadores económicos se empleó la metodología de costos. Los resultados indican que el PE en litros de leche mensuales fue de 2,657 litros, en animales en producción el P.E. fue de 7 y en ingresos por la venta de leche de $25,376.94 pesos mexicanos. Se concluye que la empresa es rentable siendo que sus costos de producción se cubren con una poco más de la tercera parte de lo que produce (37.5 %), teniendo 12 vacas más de lo requerido para alcanzar el punto de equilibrio. La información generada brinda información al propietario para tomar decisiones estratégicas en el futuro cercano.

INTRODUCCIÓN.

En Colombia la producción lechera bovina es uno de los subsectores pecuarios prioritarios, esto debido a que la leche tiene gran importancia como alimento básico y nutritivo de la población (Barreto & Palencia Fajardo, 2018; Ha et al., 2009). En la mayoría de los casos, las unidades de producción son de tipo familiar, las cuales tienen importante participación en el inventario ganadero por su alta capacidad de adaptación al trópico (Navas Panadero, 2010). Según la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA/CIAT, 2018), en los últimos años la producción de leche bovina ha presentado dinámicas de altas y bajas. Así, en los últimos meses, los costos de producción se han incrementados debido a factores climáticos, a la inflación e incluso, la guerra entre Rusia y Ucrania (Minagricultura, 2023; Yanes-Guerra & De La Cruz-Almanza, 2021). A pesar de lo anterior, según datos de la Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN, 2023), existe una tendencia a aumentar la cantidad de litros producidos, pasando de 7.3 a 7.8 y 8.1 millones de litros en 2020, 2021 y 2022, respectivamente.

Siguiendo la misma tendencia, en el presente año (2023), el precio pagado al productor presentó alzas de 32.2 % en la región 1 (Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca) y de 24.8 % en la región 2 (Arauca, Atlántico, Bolívar, Caquetá, Casanare, Cesar, Córdoba, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Sucre, Tolima), alcanzando en el mes de marzo un precio de $2,352 pesos colombianos

* Mauricio Miguel Estrada. Calle Boya No.105-301, Col. Patera Vallejo, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07700 mauriciome@fmvz.unam.mx (01) 5611977180

(ANALAC, 2023; Minagricultura, 2023); lo que equivale a $9.55 pesos mexicanos (Banco de México, 2023).

No obstante, algunas unidades de producción a pequeña escala han fracasado y desaparecido, al igual que muchas cooperativas (Barreto & Palencia Fajardo, 2018); lo cual, en parte se debe a que la mayoría de los productores tienen poca o nula educación económica de sus producciones, principalmente en países en vías de desarrollo (Garcia et al., 2018), sumado a que el alto grado de informalidad genera una administración deficiente, falta de planeación, nula formulación de objetivos y estrategias y la ausencia de planes de negocio (Burgers et al., 2008).

En ese sentido, la contabilidad de costos es una herramienta fundamental para la adecuada administración de la unidad de producción; siendo que con la aplicación de esa metodología es posible determinar los puntos de equilibrio, entendiéndose estos como el estado de la actividad productiva donde los ingresos igualan a los egresos (Alonso et al., 2013); o sea, la empresa no experimenta perdidas ni tampoco utilidades (Medina et al., 2015). Simultáneamente, es importante determinar el número de animales requeridos para alcanzar el punto de equilibrio y así determinar las necesidades y proyecciones tanto en animales, alimento, instalaciones y mano de obra (Callejas Juárez et al., 2015).

A pesar de lo anterior, la importancia de estos indicadores económicos es desconocida por la mayoría de las pequeñas unidades de producción pecuaria, por ende, el desconocimiento de los niveles necesarios para alcanzar la rentabilidad, incluyendo los costos totales de la producción y comercialización de productos lácteos, propicia que se tomen decisiones equivocadas (Weygandt et al., 2020). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar los puntos de equilibrio en litros de leche producidos, en vacas en lactación y en ingresos mensuales por la venta de leche durante el mes de febrero 2023 en una unidad de producción de leche bovina a pequeña escala en el municipio de Pitalito, en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica de la unidad de producción ganadera

El municipio de Pitalito, Departamento de Huila se localiza al suroeste de Colombia. Pitalito se ubica sobre el Valle del Magdalena y sobre el vértice que forman las Cordilleras Central y Oriental, tiene una extensión territorial de 653 km^2. Su altitud es de 1,318 metros sobre el nivel del mar, mientras que su temperatura oscila en un rango entre los 18 y 21 °C (Municipalidad de Pitalito, 2023).

Pitalito limita al norte con el departamento del Tolima, al sur y al oeste con el departamento del Cauca y al este con el departamento del Caquetá (Machado Cuellar et al., 2020). El clima predominante es tropical; lo que influye para que predominen las unidades bovinas con sistemas de producción de doble propósito, algunas más encaminadas a la producción de carne y otras a la producción de leche.

Descripción de la unidad de producción pecuaria

La unidad de producción de donde se obtuvieron los datos para este trabajo está categorizada como pequeña empresa ganadera, contando con 20 hectáreas para el pastoreo de los animales. Los potreros cuentan con forraje estrella africana *(Cynodon nlemfuensis)* y están divididos, por medio de cerca eléctrica, en 10 potreros de 2 hectáreas cada uno. Así mismo, la empresa cuenta con un corral de manejo fabricado en madera con dimensiones de 12 metros de ancho por 12 metros de largo, el cual incluye un brete de manejo y un embarcadero.

La empresa cuenta con un toro, 2 vacas secas y 19 vacas en ordeño, las cuales producen mensualmente 7,084 litros de leche (233 litros diarios), con un promedio por vaca al día de 12.4 litros. El ordeño se realiza de forma mecánica mediante una ordeñadora de una plaza. El ordeño se realiza una vez al día iniciando las 6 de la mañana y dura de 8 a 10 minutos por vaca. Una vez que las vacas son ordeñadas se liberan en los potreros donde se juntan con sus terneros durante tres

horas. Luego los terneros son separados y colocados en pesebres colectivos hasta el siguiente día mientras las vacas se quedan en los potreros. Los terneros son destetados a los seis meses de edad y las vacas se secan a los 7 meses de gestación.

La mano de obra la componen el propietario, quien realiza labores de detección de celos, vigilancia de partos y administración y un empleado que se encarga del ordeño, manejo de los animales y el mantenimiento del predio.

Obtención de la información

La recopilación de la información fue realizada en el mes de febrero del año 2023. Para el desarrollo de este trabajo, se contactó a una unidad de producción lechera que estuviera dispuesta a colaborar, obteniendo los datos mediante herramientas de la metodología de investigación-acción participativa (Balcazar, 2003; Jiménez, 2019), como son las entrevistas semiestructuradas, aplicadas tanto al propietario, como al trabajador.

Análisis de la información

A partir de la información obtenida, se generaron bases de datos en el programa Microsoft Excel ©, las cuales se agruparon en costos e ingresos, impuestos, depreciaciones y amortizaciones. Posteriormente, empleando la metodología de Costos de Producción, propuesta por el Departamento de Economía Administración y Desarrollo Rural de la FMVZ (Alonso et al., 2013), se determinaron los puntos de equilibrio mensuales, tanto en litros de leche producidos, como en vacas en lactación e ingresos por venta de leche, empleando las siguientes formulas:

$$PeX = \frac{CFT}{PVU - CVU}$$

Donde: PeX = Punto de equilibrio en unidades producidas (litros de leche)
CFT = Costos Fijos Totales
PVU = Precio de Venta Unitario
CVU = Costo Variable Unitario

$$PeY = Pex\ X\ PVU$$

Donde: PeY = Punto de equilibrio en ventas
PeX = Punto de equilibrio en unidades producidas
PVU = Precio de venta unitario

$$PeZ = \frac{PeX}{Lpv}$$

Donde: PeZ = Punto de equilibrio en vacas lactantes
PeX = Punto de equilibrio en unidades producidas
Lpv = Litros promedio producidos por vaca en la unidad de producción

RESULTADOS

Los costos fijos *mensuales* ascendieron a $17,724 mientras que los variables alcanzaron $20,388 (Tabla 1), lo que genera un costo total de $38,112. De este costo, la mayor erogación se debe a la compra de alimento comercial, la cual representa el 28 % de los costos totales.

Tabla 4. Datos económicos de la unidad de producción láctea

INSUMO	CFT	CVT	CFU	CVU
Alimento		10,703		1.51
Valor animal	7,083		1.00	
Sal mineralizada		990		0.14
Máquina de ordeño	100		0.01	
Renta	5,000		0.71	
Combustible		2,100		0.30
Veterinario		2,000		0.28
Corral	500		0.07	
Podadora	83		0.01	
Fumigadora	83		0.01	
Mano de obra	3,250		0.46	
Agua		600		0.08
Luz		800		0.11
Instalaciones		1,241		0.18
Medicamentos		1,954		0.28
Toro	1625		0,23	
TOTAL	**17,724**	**20,388**	**2.5**	**2.88**

En base a los datos obtenidos durante el mes de febrero 2023, se determinó que el punto de equilibrio en litros de leche producidos (PeX) fue de 2,657 litros mensuales, producción que se logra con 7 vacas en lactación (PeZ), y que representaría un total de ingresos mensuales por venta de leche de $25,377 pesos mexicanos (PeY).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según los puntos de equilibrio determinados para esta unidad de producción láctea, se considera que es rentable y tiene ganancias con el sistema de producción que tiene implementado actualmente.

Lo anterior porque, con el análisis de los datos proporcionados por la misma, sus costos estarían equilibrados con sus ingresos al producir 2,657 litros de leche mensualmente, pero, como está empresa produce 7,084 litros al mes, tiene ganancias directas al vender los 4,427 litros extras. Por esta razón, la empresa considera que su principal ingreso es por venta de leche, siendo que el ingreso generado por becerros o animales de desecho lo consideran como un ingreso esporádico y de menor valor.

Según Salas-Reyes et al. (2015), la mayoría de las empresas ganaderas localizadas en los trópicos tienen baja viabilidad económica, considerando que sus costos son mayores a sus ingresos, principalmente porque no se consideran costos indirectos, como las depreciaciones y mano de obra familiar. En el actual trabajo, a pesar de contemplar estos rubros, la empresa es viable económicamente. En ese sentido, la visión del propietario no contempla los costos indirectos ya que no representan un gasto que pueda identificar y valorar (Riós & Gómez, 2008); sin embargo, a raíz del presente documento, el propietario puede tomar decisiones estratégicas para mejorar la viabilidad de su empresa.

El nivel de producción requerido para alcanzar el punto de equilibrio en litros producidos se lograría al mantener 7 vacas en lactación mensualmente y, como la empresa tiene 19, la leche producida por las restantes 12 vacas genera el ingreso extra que supera los costos de producción. En este sentido,

se puede suponer que la cantidad de alimento comercial consumido por cada vaca es bajo, siendo que representa solo el 28 % de los costos totales, mientras que en otras unidades de producción familiar, llega hasta el 58.9 % (Sánchez-Medina et al., 2018), probablemente por un adecuado manejo del pastoreo del pasto estrella africana, lo que mejora la productividad por vaca (Torres et al., 2014) y reduce los costos al aprovechar los forrajes, principal fuente de nutrientes para los rumiantes (Cardoso et al., 2020; Detmann et al., 2014).

Por lo tanto, la empresa utilizó solo el 37.5 % de sus ingresos económicos para cubrir sus costos de producción, lo cual, visto desde la utilidad obtenida por litro de leche, significa que por cada litro de leche vendida a $9.55 pesos mexicanos, esta unidad de producción obtiene una utilidad de $6.0 pesos mexicanos, siendo que su costo de producción llega a $3.5 pesos solamente.

Es importante mencionar que, en Colombia, el precio pagado por litro de leche se ve influenciado por las características de la misma, siendo que, dependiendo la región, el gramo de proteína se paga a $0,13, el de grasa a $0.043 y el de solidos totales a $0.046 (ANALAC, 2023); por lo que los productores buscan vender una leche que alcance el porcentaje de nutrientes mínimos exigidos, características que no se abordaron en este trabajo pero que también son de gran importancia en la administración de las empresas lácteas.

El análisis del punto de equilibrio de los diferentes indicadores le da certeza al productor de sus utilidades y una mayor visión para realizar emprendimientos adecuados a la empresa. En este caso, al tener utilidades del doble de su costo de producción, el propietario puede tomar decisiones a corto plazo como son la apertura de nuevos mercados, creación de nuevos productos, disminuir o aumentar el hato, realizar nuevos convenios con sus proveedores y consumidores u otras acciones que continúen con la mejora de la empresa.

Se concluye que la determinación de los puntos de equilibrio tanto en litros de leche producidos como en vacas en lactación e ingresos por venta de leche son indicadores importantes para determinar acciones futuras en unidades de producción de leche. En este caso, en una unidad de producción de leche a pequeña escala en el municipio de Pitalito, Departamento de Huila, en Colombia, los puntos de equilibrio son superados al doble por la empresa, siendo que para llegar al punto de equilibrio es necesaria la producción de 7 vacas en lactación, mientras que la empresa tiene 19 vacas produciendo; por lo que es viable económicamente y tiene posibilidades de crecer a corto plazo mientras mantenga sus bajos costos de producción y el precio pagado por litro de leche continúe aumentando como lo ha realizado en los últimos años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGROSAVIA/CIAT. (2018). *Informe final proyecto de cooperación técnica: Meta 1. Macroproyecto "Estrategias para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de leche y/o carne en el Caribe Húmedo."*

Alonso, P. F., Alonso, P. A., Espinosa, O. V., García, B. G., López, D. C., Mélendez, G. R., Reyes, C. J., Ruiz, G. C., & Velázquez, P. P. (2013). *Economía Agropecuaria* (P. F. Alonso, P. A. Alonso, O. V. Espinosa, B. G. García, D. C. López, G. R. Mélendez, C. J. Reyes, G. C. Ruiz, & P. P. Velázquez (eds.); 2nd ed.). Grupo Vanchri.

ANALAC, A. N. de P. de L. (2023). *Precio de la leche pagada al productor*. ANALAC. https://analac.org/

Balcazar, F. E. (2003). Investigación acción participativa (iap): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos En Humanidades*, *4*, 59–77. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1272956.pdf

Banco de México. (2023). *Tipos de cambio para revalorización de balance del Banco de México al 31 de mayo de 2023*. Banco de México. https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion

=consultarCuadroAnalitico&idCuadro=CA113&locale=es

Barreto, J. A., & Palencia Fajardo, O. (2018). Asociatividad como estrategia para el crecimiento de las empresas productoras de leche en Colombia. *Revista Estrategia Organizacional*, *7*(1), 67–85. https://doi.org/10.22490/25392786.2698

Burgers, J. H., Van Den Bosch, F. A. J., & Volberda, H. W. (2008). Why New Business Development Projects Fail: Coping with the Differences of Technological versus Market Knowledge. *Long Range Planning*, *41*(1), 55–73. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2007.10.003

Callejas Juárez, N., Ortega Gutiérrez, J. A., Domínguez Viveros, J., Rebollar, S. R., Periférico, F. R., & Almada, K. (2015). The production of calves in Chihuahua: a marginal economic analysis. *Avances En Investigación Agropecuaria*, *19*(2), 51–65.

Cardoso, A. da S., Barbero, R. P., Romanzini, E. P., Teobaldo, R. W., Ongaratto, F., Fernandes, M. H. M. da R., Ruggieri, A. C., & Reis, R. A. (2020). Intensification: A Key Strategy to Achieve Great Animal and Environmental Beef Cattle Production Sustainability in Brachiaria Grasslands. *Sustainability*, *12*(16), 6656. https://doi.org/10.3390/su12166656

Detmann, E., Paulino, M. F., Valadares Filho, S. D. C., & Huhtanen, P. (2014). Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias*, *35*(4Supl), 2829. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2829

FEDEGAN. (2023). *Precios de leche cruda - Países*. FEDEGAN. https://www.fedegan.org.co/estadisticas/general

Garcia, M., Charry, A., Jager, M., Hurtado, J. J., Quiroga, E., Ramírez, U., Rojas, S., Castro, S., Del Cairo, P. J. R., Romero, M., Sierra, L., & Quintero, M. (2018). *no maderables del bosque en Caquetá , con enfoque agroambiental y cero deforestación* (M. Garcia, A. Charry, M. Jager, J. J. Hurtado, E. Quiroga, U. Ramírez, S. Rojas, S. Castro, P. J. R. Del Cairo, M. Romero, L. Sierra, & M. Quintero (eds.); CIAT, Issue April). CIAT. http://hdl.handle.net/10568/92083

Ha, E.-J., Caine-Bish, N., Holloman, C., & Lowry-Gordon, K. (2009). *Nutrition Journal Evaluation of effectiveness of class-based nutrition intervention on changes in soft drink and milk consumption among young adults*. https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-50

Jiménez, R. A. J. (2019). Aportes de la investigación acción participativa en el extensionismo pecuario: In *Estudios rurales en México* (pp. 40–71). CLACSO. https://doi.org/10.2307/j.ctvtxw358.5

Machado Cuellar, L., Rodríguez Suárez, L., Murcia Torrejano, V., Orduz Tovar, S. A., Ordoñez Espinosa, C. M., & Suárez, J. C. (2020). Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, *69*(1), 102–112. https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955

Medina, I. M., Arreola, D. V., Rascón, R. T., De Jesús, J., Nava, C., Jaime, M., & Martínez, T. (2015). Competitividad privada, costos de producción y análisis del punto de equilibrio de unidades representativas de producción porcina Private competitiveness, production costs and break-even analysis of representative pork production units. *Rev Mex Cienc Pecu*, *6*(2), 193–205.

Minagricultura, M. de A. y D. R. (2023). *Precio por Litro de Leche con Bonificaciones Pagado al Productor a Nivel Nacional y Regional*. Ministerio de Agricultura. http://uspleche.minagricultura.gov.co/acopio.html

Municipalidad de Pitalito. (2023). *Alcaldía Municipal de Pitalito*. Municipalidad de Pitalito. https://www.alcaldiapitalito.gov.co/index.php/informacion-general

Navas Panadero, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, *1*(19),

113–122. https://doi.org/10.19052/mv.782

Riós, A. G. P., & Gómez, O. L. M. (2008). Análiss de costeo para un sistema de producción de lechería esecializada "un acercamiento al análisis económico en ganadería de leche: estudio de caso. *Dyna*, *75*(155), 37–46. https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/download/1738/11576

Salas-Reyes, I. G., Arriaga-Jordán, C. M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., & Albarrán-Portillo, B. (2015). Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, *47*(6), 1187–1194. https://doi.org/10.1007/s11250-015-0846-z

Sánchez-Medina, A. P., Herrera-Haro, J. G., Ramírez-Bribiesca, J. E., Ortega-Cerrilla, M. E., Mendoza-NAzar, P., & Dorante-Jiménez, J. (2018). Evaluación económica del sistema de producción lechera familiar. *Agroproductividad*, *11*(1), 111–117.

Torres, Y., Rivas, J., De Pablos-Heredero, C., Perea, J., Toro-Mujica, P., Angón, E., & García, A. (2014). Identification and implementation of technological packages for dual purpose cattle. A case study of Manabí-Ecuador. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, *5*(4), 393–407. https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i4.4007

Weygandt, J. J., Kimmel, P. D., & Aly, I. M. (2020). *Managerial Accounting: Tools for Business Decision-Making* (J. J. Weygandt, P. D. Kimmel, & I. M. Aly (eds.); 7th ed.). John Whiley & Sons Canada, Ltd.

Yanes-Guerra, C., & De La Cruz-Almanza, S. (2021). Dinámica del precio de la leche en las regiones de Colombia: un análisis de series de tiempo. *Clío América*, *15*(29), 598–608. https://doi.org/10.21676/23897848.4254

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UN ESTABLO LECHERO EN SISTEMA INTENSIVO EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

*Huerta R. C. A., Espinosa O. V.E., Rendón R. M.C., Miguel E. M.

Resumen

Las empresas lecheras están obligadas a competir constantemente, y para poder permanecer en el mercado, deben conocer y gestionar los costos de producción para poder mantenerse en el mercado. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue determinar los costos de producción por litro de leche en una unidad de producción de leche bovina en un sistema intensivo en la localidad de San Rafael en el Municipio de El Marqués (Querétaro). Para determinar los costos de producción se utilizó el método de costos por insumos en el cual se obtuvieron los costos totales delimitando los costos fijos y variables, además de los ingresos y ganancias totales en un periodo de 3 meses (octubre-diciembre de 2022). Se encontró que el costo de producción promedio por litro de leche en estos tres meses fue de $8.49, sin embargo, el costo de producción más alto se presentó en noviembre, llegando a subir hasta los $8.73 por litro. Dentro de los costos de producción y como reportan varios estudios, alimentación representa el mayor porcentaje de las erogaciones que realiza la unidad de producción, en este caso este insumo representa el 76.71% de los costos totales. Respecto al precio de venta por litro de leche se resalta que el pago promedio en los tres meses fue $9.72, lo representa una ganancia promedio de $1.23 por litro. Se resalta que la unidad de producción se encuentra en zona de ganancias y que en la alimentación del ganado se debe ser sumamente cuidadoso para evitar desperdicios que se traduciría en unos mayores costos de producción.

Introducción

En un mundo globalizado la productividad y competitividad son aspectos que deben ser atendidos, especialmente en el sector agropecuario, responsable de proporcionar proteína de calidad y de bajo costo a la población humana presente y futura. La productividad es la capacidad de cumplir con los objetivos de producción, en términos de productos obtenidos frente a la cantidad de recursos utilizados, con la mejor tecnología, manteniendo la calidad, potenciando el talento humano y haciendo buen uso del conocimiento del negocio y del mercado, todo ello aporta ventajas competitivas que permiten mantenerse y competir en el mundo (Rivas et al., 2021).

Tradicionalmente los sistemas de producción animal poseen una estructura organizacional simple, donde en la asignación de las actividades intervienen diferentes integrantes sin que exista un responsable definido, como consecuencia la variabilidad en volumen y calidad del producto final se incrementa (Rivas et al., 2021). La estandarización y control de los procesos reducen la variación, ambos elementos son básicos para mejorar la gestión de la unidad de producción y potenciar la competitividad (Rivas et al., 2021). El estudio y el conocimiento de la administración pecuaria permitirá ser competente para la integración, organización y gestión de las empresas pecuarias, apoyados en la aplicación dinámica de las etapas del proceso administrativo (Daniel-Rentería, 2015) lo que permitirá la optimización del uso de los recursos escasos (Márquez, 2002).

El análisis y discusión sobre la importancia de la administración permite dirigir y coordinar el esfuerzo de la gente para delegar funciones en un organismo social (Fernández-Arena, 2021). Ante todo, se debe considerar que la unidad de producción pecuaria tiene todas las características de cualquier empresa y como tal en ella se trata de alcanzar un conjunto de objetivos determinados y se presentan multitud de problemas que requieren solución (Martínez y López, 2011).

Las empresas están obligadas a competir constantemente, y para poder permanecer en el mercado, deben gestionar los costos de producción generando estrategias que aporten a la correcta toma de

**Cruz Ángel Huerta Reyes. Gral. Ignacio Zaragoza Bo. San Martin S/N Tepotzotlán mvzangel2021@outlook.es, 5513075041

decisiones (Casanova et al., 2021). Tomando en consideración la situación de las empresas, se conceptualiza a la contabilidad de costos como un sistema contable especial, que tiene como objetivo principal suministrar los elementos necesarios para el cálculo, control y análisis de los costos de producción de un bien o servicio; la información suministrada por ésta, sirve para la gestión de la contabilidad administrativa y financiera, siendo los costos la raíz de varios problemas empresariales, por lo que se diseñan complejos sistemas de costeos en los cuales el fin es presentar datos lo más reales posibles, evitando el sobre costo de producción (Chiliquinga y Vallejos, 2017).

La contabilidad de costos tiene como objetivos principales: 1) el cálculo de los costos de los productos y servicios, 2) el control de la gestión y 3) al análisis económico y la toma de decisiones (Marín y Rojas, 2003). Por tanto, los costos de producción tienen como fin, el clasificar los costos incurridos dentro de la producción según su destino o actividades realizadas en cada producto, dando como resultado información contable fiable para la toma de decisiones, además de gestionar el cumplimiento de los objetivos empresariales, al mismo tiempo que se controlan los costos y gastos (Villalba et al., 2021). En este sentido y dada que son pocos los estudios que realizan sobre costos de producción en unidades de producción pecuaria, el objetivo de este estudio fue determinar los costos de producción de un litro de leche en un sistema intensivo para establecer si este se encuentra en zona de ganancias.

Material y métodos

El estudio se realizó en una unidad de producción lechera especializada ubicada en la localidad de San Rafael en el municipio del El Marqués, Querétaro. Dicha zona se encuentra a 1959 msnm, el clima predominante es templado-semiseco, la temperatura media anual ronda los 21 °C y la precipitación pluvial oscila entre 400 a 500 milímetros cúbicos.

El estudio en la unidad de producción se realizó en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2022. Durante este periodo se encontró un promedio de 800 vacas en ordeña, 119 secas con una producción de 780,083.33 litros de leche promedio al mes.

La recolección de la información se hizo a través de visitas directas a la unidad de producción que permitieron la obtención de los datos contables en cada uno de los meses de estudio. Los cotos de producción se obtuvieron mediante el método de costos por insumos propuesto por el Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural de la FMVZ – UNAM (Alonso, 2007). Se calcularon los costos totales y unitarios. Estos a su vez se dividieron en costos fijos y variables totales y unitarios. Asimismo, se calcularon los ingresos totales y unitarios y las ganancias o utilidades totales y unitarias. La información se procesó en una base de datos en Microsoft Excel y se analizó mediante estadísticos descriptivos y gráficos.

Resultados

La producción de leche en esta unidad de producción durante el periodo de estudio (octubre, noviembre y diciembre) fue de 2,340,250 litros. Asimismo, se encuentra que la producción promedio por mes fue de 780,083.33 de litros, sin embargo, en el mes que se obtuvo una mayor producción de leche fue en diciembre, donde la producción subió a 809,286 litros. De los tres meses evaluados el que tuvo una menor producción de leche fue noviembre con 758,417 litros (Tabla 1). En cuanto a la producción de litros de leche por animal se encuentra que cada vaca en producción produce en promedio 975.10 litros de leche al mes y 31.92 litros en promedio al día.

Los costos totales (CT) correspondientes al total de litros leche producidos (2,340,250) en la unidad de producción tuvieron un valor de $19,819,373.55 de los cuales la mayor parte corresponde a los costos variables (CVT) ($16,806,287.82). En este sentido y teniendo en cuenta la producción promedio por mes se encontró que los costos totales promedio mensuales durante el periodo de estudio fueron de $6,606,457.85 y del mismo modo se resalta que los costos variables son los que representan una mayor proporción de los costos totales. Respecto a los costos unitarios (CU), se encontró que el costo promedio de producir un litro de leche es fue de $8.47 donde la mayor parte de este dado por los costos variables unitarios (CVU) que representan $7.19

y los costos fijos unitarios solo corresponden a $1.29 (Tabla 2).

Tabla 1. Producción leche, costos totales y unitarios en la unidad de producción lechera

Respecto a los costos de producción se resalta que el insumo que tiene más peso dentro de estos es la alimentación de los bovinos. En promedio para el periodo de estudio este insumo representa el

	Litros leche/mes	CFT	CVT	CT	CFU	CVU	CU
Octubre	772,547	$1,005,827.78	$5,534,226.44	$6,540,054.21	$1.30	$7.16	$8.47
Noviembre	758,417	$1,000,027.78	$5,607,461.33	$6,607,489.11	$1.32	$7.39	$8.71
Diciembre	809,286	$1,007,230.18	$5,664,600.06	$6,671,830.23	$1.24	$7.00	$8.24
Promedio	**780,083.33**	**$1,004,361.91**	**$5,602,095.94**	**$6,606,457.85**	**$1.29**	**$7.19**	**$8.47**
Total	**2,340,250**	**$3,013,085.73**	**$16,806,287.82**	**$19,819,373.55**	-	-	-

76.72% de los costos de producción. En el mes de diciembre este insumo representa el 77.34%, el mayor para los tres meses contabilizados, mientras en noviembre se presenta el menor con 76.07% del costo de producción. Otros insumos que participan de manera más discreta en los costos de producción, pero que resaltan de los demás insumos son el agotamiento animal (6.84%), la mano de obra (5.73%), los fármacos y biológicos (3.80%) y el combustible (2.11%) (Gráfico 1).

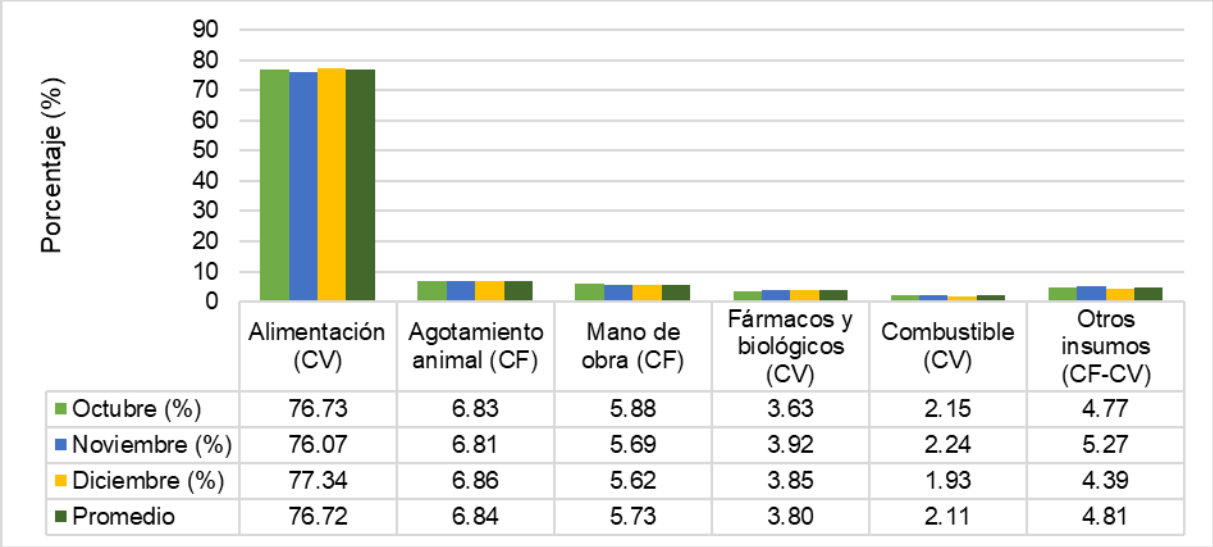


Gráfico 1. Participación porcentual de los insumos en el costo total de producción

El precio pagado por litro de leche varia a lo largo de los tres meses de estudio, teniendo un promedio de $9.731. En el mes que se percibe un precio de venta mayor por litro de leche es diciembre, el cual corresponde a $9.900. Sin embargo, en octubre este precio de venta es el más bajo y por cada litro de leche se recibe $9.498. Dadas estas condiciones, los ingresos totales (YT) por la venta de los 2,340,250 litros de leche que se produjeron durante el periodo de estudio (octubre, noviembre y diciembre) ascendieron a $22,778,277.32 y de estos ingresos se obtuvo una ganancia total (GT) bruta de $2,958,517.50. Asimismo, se resalta que los YT promedio para los tres meses de estudio fueron $7,592,759.11 de los cuales se obtuvo una GT bruta promedio de $986,172.50. Respecto a las ganancias unitaria (GU), se destaca que estas en promedio fueron de $1.26 por litro de leche vendida. La mayor GU por litro de leche se percibe en diciembre ($1.66) y la menor en octubre ($1.03).

Tabla 2. Ingresos y ganancias totales y unitarias en la unidad de producción lechera

	Litros leche/mes	Precio/litro leche	YT	CT	GT	GU
Octubre	772,547	$9.498	$7,337,651.41	$6,540,054.21	$797,210.92	$1.03
Noviembre	758,417	$9.795	$7,428,694.52	$6,607,489.11	$821,205.41	$1.08
Diciembre	809,286	$9.900	$8,011,931.40	$6,671,830.23	$ 1,340,101.17	$1.66
Promedio	**780,083.33**	**$9.731**	**$7,592,759.11**	**$6,606,457.85**	**$986,172.50**	**$ 1.26**
Total	**2,340,250.00**	**-**	**$ 22,778,277.32**	**$19,819,373.55**	**$2,958,517.50**	**-**

Al realizar el comparativo del costo unitario (CU) de producción por litro de leche vs el precio de venta por litro de leche se observa que en todos los meses el precio de venta es mayor al costo unitario. En promedio el precio de venta se ubica en $9,73 mientras el CU en $8.47 (Gráfico 2), derivando en una ganancia promedio por litro de leche vendido de $1.26 (Tabla 2).

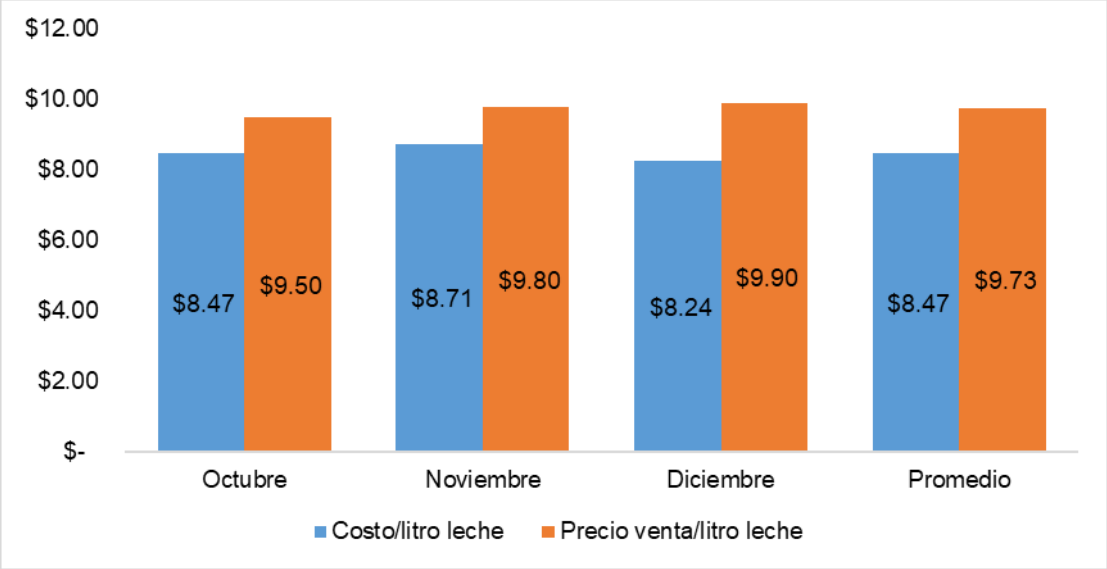


Gráfico 2. Comparativo costo por litro de leche respecto a precio de venta por litro de leche

Discusión y Conclusiones

La producción de leche promedio por día por vaca en la unidad de producción de estudio (31.923 litros/vaca) corresponde a la de los sistemas intensivos que se encuentra actualmente entre 27.05 a 32.30 litros por día (Almeyda, 2013; Ceva Salud Animal, 2022). Además, se destaca el uso intensivo del capital y relativamente bajos niveles de mano de obra (Lara-Covarrubias et al., 2003). Como se observa en la tabla 1, los costos totales de producción promedio por mes en la unidad de producción alcanzan los $6,606,457.85 y la mayor porción de estos costos, 76.72%, están dados por la alimentación del ganado; la mano de obra solo representa el 5.73% del costo de producción (Gráfico 1). Al respecto, varios autores (Almeyda, 2013; Hernández-Morales, 2013; Lara-Covarrubias, 2003) destacan que la alimentación es uno de los insumos que mayor proporción tiene dentro de los costos de producción entre el 50 y 70% y estos van aumentado conforme la especialización de la unidad de producción, por lo que la alimentación en vacas de razas especializadas es considerada, como el factor fundamental para el sostenimiento de la producción de leche y a su vez como el punto crítico para lograr rentabilidad (Almeyda, 2013).

En los resultados presentados en la tabla 1, se observa que los costos totales (CT) y unitarios de producción varían en los tres meses de estudio, encontrándose los mayores costos unitarios por litro

de leche en el mes de noviembre con $8.71 y los menores en el mes de diciembre con $8.24. Asimismo, se resalta que el costo variable es el que tiene mayor peso dentro del costo de producción con un promedio de 84.79% y esto se debe a que dentro de este costo variable se encuentra la alimentación que, como ya se mencionó es el insumo que mayor peso tiene dentro de los costos productivos en esta unidad de producción lechera.

A pesar de las variaciones que se dieron en los costos de producción durante el periodo de estudio (octubre, noviembre y diciembre) se resalta que la unidad de producción siempre se encuentra en zona de ganancias (Tabla 2). Esto inclusive en el mes de octubre cuando la leche se vendió al menor precio ($9.50 por litro) (Gráfico 2) y solo se obtuvo una ganancia de $1.03 por litro de leche vendida. También se resalta que el costo de producir un litro de leche del mes de octubre a diciembre disminuyó $0.23 por litro, esto se debe al incremento de la productividad del hato como se manifiesta en la gráfica 2.

Además y de acuerdo con los valores que se presentan en la gráfica 2 hay un incremento en el precio de venta de la leche de octubre a diciembre de $0.40 por litro de leche, lo anterior puede evidenciar que conforme se acercan los meses de invierno, la escasez de alimento se acentúa por un lado y la producción cíclica de las unidades de producción familiar en general disminuye y puede propiciar una escasez de leche con el consiguiente incremento del precio del producto conforme disminuye la oferta de leche en el mercado.

Este trabajo muestra que a pesar de la crisis económica de estos últimos años generada por la pandemia y del aumento drástico en los costos de alimentación para el ganado, que inclusive orilló al cierre de algunas unidades de producción, se puede, como en el caso de este estudio, llegar a generar utilidades a través del conocimiento y control de los costos de producción, además de la revisión y verificación de otros factores como el volumen de producción de leche.

Se destaca que los costos de producción son un reflejo del manejo general que se la da a la unidad de producción (Calvo-Hernández, 2021). Estos se convierten en un indicador sustancial de la eficiencia en la producción lechera, lo cual permite la maximización de ingresos de la empresa, ya sea a través movimientos en los precios o la minimización de los costos (Umamageswari et al., 2017) y se convierte una herramienta relevante para la toma de decisiones en la unidad de producción.

Bibliografía

Almeyda, J.M. (2013). Manejo y alimentación de vacas productoras de leche en sistemas intensivos (parte I). https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2018/01/MANEJO-Y-ALIMENTACION-DE-VACAS-PRODUCTORAS-DE-LECHE-EN-SISTEMAS-INTENSIVOS-PARTE-I-.pdf

Alonso, A., Alonso F., Espinosa, V.E., García, G., López, C.A., Meléndez, J.R., Reyes, J., Ruiz, C., Velázquez, M.P. (2007. Economía Pecuaria. Grupo Vanchri: México.

Calvo-Hernández, O.L. (2021). Estimación del costo de producción de un kilogramo de leche y sus variables más influyentes. *E-Agronegocios*, 7(2), 44–62. https://doi.org/10.18845/ea.v7i2.5682

Ceva Salud Animal. (2022). Vaca Holstein: La vaca lechera por excelencia. https://ruminants.ceva.pro/es/vaca-holstein

Chiliquinga, M y Vallejos, H. (2017). Costos: Modalidad ordenes de producción. Universidad Técnica del Norte: Ecuador.

Daniel-Rentería, I. (2015). Manual de prácticas administración pecuaria. Universidad Veracruzana: México. https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/1-Manual-de-practicas-de-administracion-pecuaria.pdf

Fernández Arena, J.A. (1991). El proceso administrativo. Editorial Diana: México.

Hernández-Morales, P., Estrada-Flores, J., Avilés-Nova, F., Yong-Ángel, G., López-González, F., Solís-Méndez, A. y Castelán Ortega, O. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y Ciencia*, 29(1), 19–31.

Lara-Covarrubias, D., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. A., García-Delgado, G., Omaña-Silvestre, J. M., Gallegos-Sánchez, J. G. (2003). Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*, *37*(1), 85-94.

Marín, S y Rojas, J. (2003). Diseño y análisis de un modelo de contabilidad de costes. *Partida Doble*, (144), 76-89.

Márquez, M. (2002). La gestión administrativa de las empresas agropecuarias de los municipios San Fernando y Biruaca del estado de Apure, Venezuela. *Revista Mexicana de Agronegocios,* 6 (10), 1-13.

Rivas, J., Morantes, M., Farfán-López, C., Barreto, F. (2021). Gestión por procesos en sistemas de producción animal. Medicina Veterinaria Al Día. https://www.medicinaveterinariaaldiaweb.com/gestion-por-procesos-en-sistemas-de-produccion-animal/

Villalba, C. I., Núñez, R. V., Navarrete, C. M., Proaño, E. A. (2021). Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas. *Revista de Ciencias Sociales*, *27*(1), 302-314.

Umamageswari, M., Dixit, P. K. y Sivaram, M. (2017). Economics of milk production in Tamil Nadu - a comparative study. *Indian Journal of Dairy Science*, 70(2), 221–227.

EL PAPEL DE LA MUJER EN LA AGROINDUSTRIA QUESERA TRADICIONAL EN MICHOACÁN: ESTUDIO DE CASO[1]

[*]Calónico C.T., Borraz C.D., Chávez P.L.M., Miguel E.M., Jiménez J.R.A.

[1]Trabajo apoyado por el proyecto CONAHCYT – PRONAII, 321289

Resumen

Las pequeñas agroindustrias lecheras en México presentan gran heterogeneidad, desde grandes empresas transnacionales que concentran el mayor porcentaje de producción y ganancias, hasta pequeñas agroindustrias que en su mayoría producen bajo un sistema de tipo familiar, contribuyendo a generar empleos, soberanía y nutrición en sus comunidades. El objetivo del presente trabajo es presentar y describir los procesos productivos, operativos y administrativos de una empresa procesadora de lácteos bajo la dirección y liderazgo de una mujer en el municipio de Maravatío, Michoacán. La recopilación de la información se llevó a cabo mediante herramientas de diagnóstico participativo, la cual se recabó, se sistematizo y analizó, observando los diferentes rubros de la empresa. Los resultados muestran que la empresa desde su fundación es dirigida por una mujer, que generó como misión, elaborar lácteos artesanales de excelente calidad, a un precio justo para beneficio de la comunidad, cuidando siempre la salud de los consumidores; brindando fuentes de trabajo a mujeres de la misma comunidad. Además, la propietaria ha inculcado valores que rigen la dinámica laboral como son: cooperación, empatía, lealtad, responsabilidad, compromiso. En conclusión, a pesar de las diferentes problemáticas que ha tenido desde su fundación, esta empresa familiar ha logrado mantenerse en el mercado y romper con paradigmas tradicionales, donde el hombre es proveedor y la mujer solo realiza las actividades del hogar y del cuidado de los hijos; mientras que en la empresa actual, la propietaria ha impulsado la independencia económica y la elaboración de productos naturales, consolidándola como una empresa generadora de empleos, principalmente para mujeres de la misma localidad, que al igual que su fundadora buscan independencia económica y soberanía alimentaria para ellas y sus familias.

Introducción

La producción de leche a nivel mundial procede principalmente del ganado bovino, en 2019 se produjeron 852 millones de toneladas (FAO, 2019), producidas por 150 millones de unidades de producción dedicadas a esta actividad, la mayoría de ellas bajo sistemas de traspatio, donde el autoconsumo representa un factor importante para la seguridad alimentaria y nutrición de la población (FAO, 2013).

En México la producción de leche bovina es considerada una de las actividades ganaderas más importantes (Sosa-Gordillo, 2022), produciendo en el año 2022 más de 13 mil millones de litros, de los cuales el estado de Michoacán contribuyó con 368 millones (SIAP, 2022), y en el año 2019 el estado produjo 8.5 millones de toneladas de productos lácteos (SEDRUA, 2019), lo que refleja la importancia de este sector a nivel estatal y nacional.

La transformación de leche en productos lácteos es llevada a cabo por las agroindustrias lecheras, las cuales presentan gran heterogeneidad, desde grandes empresas transnacionales que concentran el mayor porcentaje de producción y ganancias, hasta pequeñas y medianas agroindustrias que en su mayoría producen bajo un sistema de tipo familiar, la cual representa su

[*] *Cruz Ángel Huerta Reyes. Gral. Ignacio Zaragoza Bo. San Martin S/N Tepotzotlán mvzangel2021@outlook.es, 5513075041

principal fuerza de trabajo (Salas-Vargas et al., 2021; Ojeda et al., 2016), contribuyendo a sus comunidades.

La actividad lechera en Michoacán es sostenida principalmente por los 12,000 pequeños productores y agroindustrias que emplean más de 66,000 trabajadores directos (Aguilar, 2003) además de la mano de obra familiar, aportando el 18.5 % del PIB agroindustrial y el 0.6 % del PIB nacional (Cesín-Vargas, 2014).

Dentro de la mano de obra familiar empleada en el sector lácteo, las mujeres desempeñan un papel importante. A nivel mundial, cerca del 22 % de las mujeres con edad de trabajar están empleadas en establecimientos agrícolas, de los cuales un cuarto de ellas poseen bovinos lecheros, por lo que se considera que aproximadamente 80 millones de mujeres están involucradas en alguna medida en la industria lechera (FAO, 2013), ellas participan en diversas actividades como encargadas de la alimentación, ordeño, limpieza y cuidado de los animales, además de la transformación de productos y, en algunos casos de la comercialización de los mismos.

Por lo anterior, la FAO 2016 considera que la actividad lechera encamina a las mujeres dedicadas al sector lácteo a su empoderamiento, debido, entre otros factores, a que el ganado es más fácil de adquirir para ellas en comparación con otros bienes como la tierra o los activos físicos o financieros; a pesar de lo anterior, solo en el 25 % de las unidades de producción las mujeres son propietarias (37 millones de empresas)

A pesar de la importancia de estas pequeñas producciones y agroindustrias, los trabajos que analizan estos sistemas de producción son escasos, y más si se analizan desde un enfoque de género (Camargo et al.,2020; Santiago-Nabor, 2011). Por lo tanto, debido a la trascendencia e invisibilidad que tienen las mujeres en la actividad ganadera y a los pocos estudios sobre el tema, el objetivo del presente trabajo fue describir los procesos productivos, operativos y de administración de una empresa procesadora de lácteos bajo la dirección y liderazgo de una mujer en el municipio de Maravatío, Michoacán.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en una procesadora de lácteos de la comunidad de Dolores, en el municipio de Maravatío, al noreste del estado de Michoacán. Dicho municipio tiene una ubicación comercial estratégica ya que colinda con los estados de Guanajuato, Querétaro, Jalisco, Estado de México y la Ciudad de México, además de municipios como Ciudad Hidalgo y Contepec, Michoacán (Ayuntamiento de Maravatío, 2023).

La recopilación de la información se llevó a cabo mediante herramientas de diagnóstico participativo, como fueron: entrevistas semiestructuradas, visitas a la procesadora de lácteos y observación participante, herramienta que facilitó la vinculación con el personal, la identificación de procesos y funciones que desempeña la dueña y el personal de la procesadora de lácteos.

La información obtenida fue de tipo cualitativa y cuantitativa, la cual incluía aspectos relacionados con los procesos productivos, operativos y administrativos de la empresa. Finalmente, la información recabada se vertió en una base de datos para su posterior análisis y descripción, que se estableció de acuerdo a la organización de la empresa.

Resultados

La localidad de Dolores se encuentra a 7 kilómetros de la cabecera municipal; en ella habitan 370 personas, distribuidas en 96 familias. Estas familias realizan diversas actividades económicas, entre las que destacan históricamente la agricultura y la ganadería, particularmente la ganadería bovina lechera, ya que el 50 % de las familias tienen ganado lechero en sus casas o cerca de ellas, lo que se considera como ganadería de traspatio.

Otra actividad importante en la comunidad es la elaboración de quesos artesanales; por empresas familiares como la del presente estudio. Para poder ejecutar su proyecto la propietaria, tuvo que

recurrir a pedir un préstamo económico, ya que no contaba con el apoyo económico ni moral por parte de su conyugue.

Esta empresa desde su fundación es dirigida por una mujer, que tiene como filosofía empresarial que las mujeres también tienen derecho a tomar decisiones y la iniciativa para generar sus propios ingresos y no depender de sus esposos, que en su mayoría han migrado a Estados Unidos.

Además, los valores que rigen la dinámica diaria y que comparten todos los que laboran en la empresa son: cooperación, empatía, lealtad, responsabilidad y compromiso. La misión de la empresa es elaborar productos lácteos artesanales de gran sabor y excelente calidad, a un precio justo para beneficio de la comunidad, cuidando siempre la salud de los consumidores; brindando fuentes de trabajo a mujeres de la misma comunidad.

Dirección General

La dirección de la empresa es llevada a cabo por la dueña de la procesadora, quien, en su búsqueda de una actividad económica propia, decidió establecer la procesadora de lácteos. Las actividades de la dueña no se limitan a la administración de la misma, sino que interviene en todos los procesos de elaboración de los lácteos y su comercialización

La empresa se rige por un fuerte sentido familiar que no se limita a aquellas personas que comparten lazos de sangre; para la directora, todas las personas que intervienen en el desarrollo de su empresa son tratadas como parte de su familia. En ese sentido, una forma de motivar al personal es siendo flexible con los horarios y condiciones de trabajo, ya que, para la dueña, es muy importante que el personal cuente con este sentido de pertenencia y confianza a manera de motivación.

Personal

El personal que labora en la empresa es de la misma comunidad, por lo que el traslado hacía la misma lo realizan a píe o en bicicleta. El personal es constituido por cinco personas, de las cuales cuatro son mujeres y un hombre, Tres de las mujeres que laboran en la empresa son madres y dentro de sus beneficios laborales con los que cuentan, es que pueden llevar a sus hijos al trabajo. Otro beneficio del personal y sus hijos es que la empresa les proporciona dos comidas al día. La paga por su jornal semanal es de $900 pesos (Cuadro 1), dicho pago se realiza de manera semanal por parte de la directora.

Cuadro 1. Características laborales del personal de la empresa.

Integrante	Puesto	Horario de trabajo	Sueldo semanal	Actividades que realiza
Propietaria	Directora General	Lunes a domingo: 8:00 a 16:00 hrs.	$1400.00	Dirección de la empresa. Elaboración de productos. Comercialización. Apertura de nuevos mercados.
Trabajadora 1	Encargada de producción	Lunes a sábado: 8:00 a 16:00 hrs.	$900.00	Elaboración de productos. Limpieza del área de trabajo y equipo. Comercialización.
Trabajadora 2	Ayudante general	Lunes a sábado: 8:00 a 16:00 hrs.	$900.00	Limpieza de instalaciones y equipo. Elaboración de productos.
Trabajador 3	Encargado de provisión de insumos	Lunes, miércoles, jueves, sábado y domingo: 8:00 a 12:00 hrs. Martes y viernes: 8:00 a 16:00 hrs.	$700.00	Recolección y provisión de insumos para la transformación (leche, entre otros). Comercialización.
Trabajadora 4	Ayudante general	Domingo: 10:00 a 14:00 hrs.	$70.00	Limpieza de instalaciones y equipo. Elaboración de productos.

Las actividades en la empresa inician aproximadamente a las 8:00 am, con la recolección de la leche por parte del empleado, quien pasa por las unidades de producción a recoger la leche del ordeño de la tarde del día anterior y la leche recién ordeñada, en ambos ordeños la leche es almacenada en botes de plástico con tapa, para evitar su contaminación, así cuando el recolector llega por la leche, la destapa, la mide y la vacía en un tambo de plástico con capacidad de 200 litros ubicado en la batea de la camioneta, estos litros son anotados en una libreta para llevar el registro de la cantidad total por semana por productor y que la directora pueda realizar el pago justo por los litros de leche recibidos.

Por su parte, el personal femenino se encarga de preparar las áreas de procesamiento y los insumos necesarios para el tipo de queso o yogurt que se va a producir ese día.

Una vez que llega la leche, se vierte en los recipientes filtrándola con una manta y un colador para eliminar posibles elementos contaminantes. Posteriormente, la directora realiza pruebas rutinarias de tipo sensorial: olor, color, sabor y textura; y de manera esporádica, se realizan pruebas fisicoquímicas y microbiológicas a la leche por parte de investigadores de la UNAM, aunque esto solo se realiza cada dos o tres meses, debido a la frecuencia de visitas de los investigadores, gracias a la vinculación que ha generado la empresa con investigadores de la UNAM.

Una vez que la directora comprobó que las características sensoriales de la leche están dentro de los parámetros normales, se inicia con la elaboración de los productos lácteos, los cuales pueden variar día con día, dependiendo de la demanda de los clientes. Los productos que elabora la

procesadora son: queso Oaxaca, queso panela, queso Cotija, queso ranchero, requesón, crema, chongos zamoranos y yogurt de diversos sabores.

Instalaciones y equipo

La procesadora está ubicada en un terreno propio con un área de 50 m^2 de construcción; y cuenta con servicios de agua potable, luz, gas, energía eléctrica y drenaje. El espacio para la elaboración de los productos es reducido, la mayor parte está ocupada por el equipo y materiales, además de punto de venta, lo que dificulta el tránsito del personal al interior de la empresa.

El equipo y materiales con que cuenta son: refrigerador, congelador, mesa de trabajo de acero inoxidable, mesa de desuerado de acero inoxidable, carrito de trabajo de acero inoxidable, mesa de trabajo de plástico, descremadora, 3 parrillas de acero inoxidable, molino de acero inoxidable, molino de lámina, casos de acero inoxidable con capacidades de 20, 50, 70 y 110 litros, báscula electrónica, 2 ollas de acero inoxidable con capacidad de 30 litros, moldes de acero inoxidable, 10 charolas de acero inoxidable, 6 hieleras, 20 cubetas de plástico con capacidad de 20 litros, 2 tambos de plástico grandes, cucharón de acero inoxidable, licuadora, tinas de plástico, bandejas, mantas, lavadero, 4 bancos de plástico y 5 tinas de plástico.

Comercialización

La venta de los productos lácteos se lleva a cabo por parte de la directora a píe de su agroindustria y en la cabecera municipal de Maravatío. En el primer caso, los consumidores son pobladores de misma comunidad, quienes prefieren los productos de esta empresa y van directamente al punto de venta; en el segundo punto de comercialización, la propietaria de manera personal ofrece y entrega sus pedidos dos veces por semana.

Una estrategia utilizada por la directora para mantener la fidelidad de sus clientes es realizar descuentos a los clientes frecuentes con el fin de fomentar la confianza y el consumo de sus productos, además de que los clientes saben que los productos son realizados de forma artesanal y con leche de vaca solamente, lo que les da a los productos un valor agregado en relación con los productos industriales que se comercializan en los supermercados locales.

Discusión y conclusiones

Al hablar de los procesos operativos, productivos y administrativos de las empresas familiares, debemos tomar en cuenta la aportación que tienen las mujeres, no solo con las relaciones laborales estrictamente, sino en el apoyo y la colaboración en diversas actividades que se dan en paralelo, como el cuidado y alimentación de los hijos de las trabajadoras, Ortiz y Olaz (2014) señalan que las mujeres además de dirigir y trabajar en la empresa familiar confieren valores familiares y generan capital, lo que ha generado independencia económica de su núcleo familiar, cómo es el caso de la empresa actual, que ayuda a que las empleadas no dependan únicamente de sus esposos los cuales han migrado a Estados Unidos de América (EUA).

Por lo anterior, se considera que es importante el estudio de las empresas familiares con gerencia femenina, la cual impulsa el trabajo familiar y de apoyo mutuo, que fue lo que se observó a partir de las entrevistas con la directora y con el personal de esta empresa.

En ese sentido, se pudo observar que uno de los factores más importantes para que las mujeres destinen más tiempo a las actividades del sector lechero, en este caso a las agroindustrias es el fenómeno migratorio. Según Meseguer y Aparicio (2012), el 96.2 % de los municipios en el país registran migración de sus pobladores y, lo que es más preocupante, anualmente más de 45 mil jóvenes intentan migrar hacia EUA, en busca de mejores oportunidades de trabajo. Lo anterior indica que las condiciones y calidad de vida en sus lugares de origen no cumplen sus expectativas, además de que los ingresos y actividades económicas locales no representan una opción de sobrevivencia digna. En ese sentido, la agroindustria estudiada podría representar una fuente de ingresos para aquellos pobladores que deciden permanecer en la localidad o regresar a la misma, lo que genera arraigo territorial y podría disminuir la migración en Maravatío (García, 2006), la cual es un importante

factor de estancamiento productivo y económico, siendo que el desplazamiento de los jóvenes hacia otros países es un factor social constante en este lugar (García y ortega, 2015).

Si bien, el salario que reciben las personas que laboran en la empresa analizada no cubre el salario mínimo oficial, que en el año de la recopilación de la información, era de $ 1,210.097 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2022), existen otros beneficios tangibles al laborar en dicha empresa, como son un ingreso constante para el personal, alimentación y la posibilidad de que sus hijos permanezcan en el lugar de trabajo; además de otros beneficios intangibles como la integración familiar y pertenecer a una empresa que se preocupa por su bienestar, lo que genera satisfacción laboral y se refleja en mayor productividad (Salazar-Ponce et al., 2021).

En el mismo sentido, el salario del personal de dicha agroindustria no es mayor en gran medida debido a que, este tipo de pequeñas empresas, están inmersas obligatoriamente en el mercado comercial, por lo que sus productos deben competir con otros lácteos producidos en condiciones diferentes, como aquellos fabricados por empresas transnacionales, los cuales tienen ingredientes artificiales, menores costos de producción y por tanto menor precio de venta (García et al., 2018). Además, las exigencias de los consumidores han variado conforme la globalización influye en los territorios rurales, como el cambio en el patrón de consumo de las personas con mayores ingresos, las cuales mudan su preferencia de compra por productos vegetales parecidos a la leche (Fuentes, 2019), debido a que relacionan su consumo con dietas más saludables, y con mayor calidad microbiológica

En ese sentido, la agroindustria objeto de este trabajo realiza pruebas sensoriales, microbiológicas y de composición nutricional a la leche que usa para la elaboración de sus productos, lo que visibiliza la red de colaboración que mantiene con diversos organismos, en este caso con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, relación que hace posible la evaluación de su insumo básico, colaboración sin la cual, estás pruebas no serían realizadas por el alto costo que representan para este tipo de agroindustrias familiares.

Con relación al proceso productivo implementado en la procesadora, se considera que el monitoreo continuo de los insumos, en particular la leche con la que se elaboran los productos resultaría en una mejora en la calidad e inocuidad de los mismos.

En conclusión, el gestionar y administrar esta empresa ha generado en la propietaria una valorización y empoderamiento, que ha resultado en la ruptura de paradigmas impuestos tradicionalmente donde el hombre es el proveedor y la mujer solo se dedica a las actividades del hogar y de cuidado de los hijos, ejerciendo una independencia económica y desarrollo personal, lo que la ha llevado a consolidar su empresa como generadora de empleos, principalmente para mujeres de la misma localidad, que al igual que su fundadora buscan independencia económica y soberanía alimentaria familiar a través de la elaboración de productos naturales.

Bibliografía

1. Aguilar, C. (2023) “Tipología de las cadenas industriales y la calidad de la leche en los altos de Jalisco” en Temas de Ciencia y Tecnología. Vol.7, número 19, pp.13-23
2. Camargo, L.C.P., Fernandez, L.E.A., Rodriguez. O.Y.A. & Rodríguez, B.A. (2020). Narrativas de identidad en el discurso de las mujeres productoras de queso en la zona rural de. Del ser mujer a la construcción de la utopía. Experiencia e identidades en la contemporaneidad/ Diana vargas-hernandez (coordinadora). Tunja, Fundación Universitaria Juan de Castellanos 173 páginas.
3. Cesín-Vargas, A. (2014). La leche y los quesos artesanales en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 11(2), 243-248.
4. FAO. La gran mayoría de los pobres no cuentan con protección social. 2015. Disponible en: https://news.un.org/es/story/2015/10/1342291 Accesado en: 12 de mayo de 2023.
5. Fuentes Cuiñas A. A. (2019). Cambios en el consumo y percepciones en torno a la alimentación saludable de la leche tradicional y bebidas de origen vegetal. *RIVAR (Santiago)*, *6*(17), 1-14.

6. García J. O. y Ortega, O. V. D. (2015). Desenvolvimiento económico y migración en Michoacán, 1982 1010. Cimexus, 7(2), 41-63
7. García A. E., Peralta D. M. R., Rodríguez A. I. B., y García A. G. R. (2018). Factores estratégicos de la innovación y mercado en queserías artesanales de México. *Revista Venezolana de Gerencia*, *23*(82), 424-441.
8. Salomón, J. M. R. (2018). Panorama sobre la producción y el consumo de leche y lácteos en México.
9. FAO. Producción lechera. 2013. Disponible en: https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/ Accesado en: 11 de mayo de 2023
10. Martínez, J. I. y Villezca, B. P. A. (2006). La alimentación en México. Ciencia UANL, 8(1), pp. 196-208.
11. Williams CM. Dietary fatty acids and human health. Ann Zootech. 2000;49(3):165–180
12. Miciński, J., Zwierzchowski, G., Kowalski, I. M., Szarek, J., Pierożyński, B., & Raistenskis, J. (2012). The effects of bovine milk fat on human health. *Polish annals of medicine*, *19*(2), 170-175.
13. Meseguer, C., & Aparicio, F. J. (2012). Migration and distributive politics: the political economy of Mexico's 3× 1 Program. *Latin American Politics and Society*, *54*(4), 147-178.
14. FAO. El sector lechero mundial: datos. 2016. Disponible en: http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=. Accesado en: 11 de mayo de 2023
15. García, J. O. G. (2006). Desarrollo humano y migración en Michoacán. *Cimexus*, *1*(1), 39-59.
16. Salas-Vargas, C., Brunett-Pérez, L., Espinosa-Ortiz, V. E., & Martínez-García, C. G. (2021). Environmental impact of Oaxaca cheese production and wastewater from artisanal dairies under two scenarios in Aculco, State of Mexico. Journal of Cleaner Production, 311, 127586.
17. Santiago Nabor, E. (2011). " Cada casa es una fábrica": orientación productiva, mujeres que producen y proyectos del Estado. Respuestas desde el hogar. Desacatos, (35), 115-130.
18. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 2019. Publica Diario Oficial de la Federación la Nueva Política de Salarios Mínimos. Disponible en: https://www.gob.mx/stps/prensa/publica-diario-oficial-de-la-federacion-la-nueva-politica-de-salarios-minimos Accesado en: 15 de mayo de 2023
19. Subdirección de Información y Estadística, de la Secretaría del Campo; con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2022, Cifras Preliminares).
20. Sosa-Gordillo, J. F. S., Sánchez-López, E., Valdés-García, Y. SHernández-Aquino, S., Ibarra-Cisneros, M. A., Nemesio-Laguna, E. R. (2022). Impacto económico de las importaciones de leche en polvo sobre el sector lechero mexicano: análisis de matriz insumo-producto. Acta Agrícola y Pecuaria, 8(1).
21. Salazar-Ponce E. G., Alvarado-Franco D. R. y Holguín-León G. H. (2021). Clima organizacional y su incidencia en la satisfacción laboral: Caso Empresa de Seguridad Covipen. *Domino de las Ciencias*, *7*(5), 581-596.

COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN LITRO DE LECHE DE VACA EN UN SISTEMA DE PASTOREO, EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Terán U. J. C., *Espinosa O.V.E. Chávez P. L.M.

* Modalidad: Oral, Área: Socioeconómicas

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar los costos de producción de un litro de leche de vaca, en una unidad producción lechera familiar en pastoreo. Dicha unidad productiva está ubicada en el municipio de Buenavista de Cuéllar, en el estado de Guerrero. Se recabó información económica durante el mes de enero de 2023, para determinar el costo de producción de un litro de leche se utilizó la metodología de costos de producción por insumo propuesta por el Departamento de Economía Administración y Desarrollo Rural de la FMVZ-UNAM, lo cual implica la identificaron de los insumos que participaron en la producción láctea durante ese mes. Los resultados muestran que no se llevan registros productivos ni económicos por lo que se dio seguimiento al proceso de producción, donde se observó que la unidad productiva cuenta con 11 vacas en producción y 5 vacas secas, la ordeña es manual y la producción de leche de ese mes fue de 2700 litros de leche, con un promedio de 8.18 litros por vaca. Al considerar la participación de todos los insumos en el proceso de producción incluyendo los costos de oportunidad se encontró que los costos fijos totales participaron con el 46.74 por ciento, mientras que los costos variables totales participaron con el 53.25 por ciento, por lo que costo de producción de un litro de leche fue $9.63 pesos. Pero, al no considerar los costos de oportunidad, el costo de producción de un litro de leche disminuye un 27.10 por ciento. Por lo anterior, se concluye que esta unidad de producción se encuentra con utilidades en ambos casos, es decir, considerando los costos de oportunidad y sin considerarlos.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Food and Agriculture Organization (FAO, 2021), la oferta de leche en el mundo es de aproximadamente 881 millones de toneladas, las cuales son producidas por alrededor de 150 millones de familias conformadas por más de 750 millones de personas. En países en desarrollo, alrededor del 85% de las familias que producen leche lo hace en sistemas productivos de pequeña escala (FAO, 2021). La leche se encuentra en una posición única con respecto a otros productos agropecuarios, ya que se obtiene diariamente y, por ello, representa una fuente regular de ingresos y una alternativa importante para mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición de las familias que se dedican a su producción.

Por el lado de la demanda, 80% de la población mundial, es decir, alrededor de seis mil millones de personas, consumen regularmente leche fluída o derivados lácteos (International Dairy Federation, 2021). La producción de leche de bovino en México, en 2020, fue de 12 mil 554 millones de litros, por lo que no se alcanzó a satisfacer la demanda, importando 3 mil 587 millones de litros que corresponde al 28.6% de la producción nacional.

La oferta para el año 2022, se calculó en 16,687 millones de litros según Servicio Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2021). En este caso la preocupación está tanto en la producción nacional como en las importaciones derivado de su encarecimiento por el tipo de cambio. El promedio de los últimos 11 años, indica que 6 de cada 10 litros de leche que se producen en México, se generaron en Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato (SIAP 2021).

Las exigencias cada vez mayores del mercado de alimentos de origen animal en México y en el mundo, determinan que los productores primarios deban cumplir con ciertas prácticas de calidad e inocuidad con el propósito de garantizar al consumidor un buen producto. En la actualidad en todo el territorio nacional la demanda de los consumidores por una leche de mayor calidad va en aumento, los productores para atender esta demanda precisan enfrentar el desafío de mantener y garantizar la calidad e inocuidad del producto al salir del hato lechero ya que se sabe que existen enfermedades

* Juan Carlos Terán Uribe. Av. México Coyoacán 295, Col Xoco CP. 03310. Correo electrónico: juancarlosuribe-1996@hotmail.com, Teléfono: 7772161826.

zoonóticas, es el caso de brucelosis y tuberculosis, a través de los alimentos o por factores que en forma accidental o inducida pueden contaminarlos por la falta de control higiénico durante la producción.

En México, el sector de producción de leche de bovino se caracteriza por su concentración espacial en determinadas regiones, y en general, se tienen cuatro sistemas de producción de leche : el especializado, semiespecializado, familiar y de doble propósito (Vera et al., 2009).

Una de las limitantes en pequeños sistemas de producción de leche para lograr competitividad económica es la falta de visión empresarial. La mayoría de estas empresas tiene dificultades para identificar los componentes de su negocio y medir su impacto, ya que sus elecciones se basan principalmente en una intuición poco informada, la tradición y la información transmitida por agentes locales, además, son pensadas principalmente para el corto plazo (Surdi et al., 2020), lo que genera que estas carencias comprometan seriamente la permanencia de las empresas productoras de leche en el mercado (Brinkmann et al., 2014). Así mismo, los hatos lecheros deben ser capaces de combinar la rentabilidad asegurando precios competitivos con la protección de la salud humana, la salud animal, y el respeto al bienestar animal y al medio ambiente.

Uno de los grandes retos que se presenta para los productores consiste en elegir un mercado y los canales para la distribución de los productos lácteos. Por ello, es importante conocer la preferencia de los diferentes mercados potenciales, donde es ventajoso comercializar el producto y encontrar mejores condiciones para su venta. Aunque la fuerza de ventas y las comunicaciones de mercadotecnia transmiten el mensaje del productor a sus clientes, se desconocen usualmente las preferencias del consumidor, por ejemplo, en algunos lugares la leche cruda se comercializa en radios de hasta 40.5 km (medidos en línea recta); por lo tanto, las distancias no son una restricción absoluta para la producción ni para la comercialización (Espinosa V. et al., 2008).

La ganadería también es afectada por los factores económicos globales que impactan a los demás sectores industriales, por ello el empresario ganadero deberá estar preparado para afrontarlos. Los empresarios ganaderos con intenciones de convertir sus ranchos en grandes negocios, deberán implementar sistemas administrativos eficientes. En la industria es tan importante el adecuado cálculo de los costos de producción, como la fluctuación del mercado, la cual debe ser observada y analizada para hacer una planeación más precisa del desarrollo de las operaciones del negocio. El ganadero actual, para lograr ser competitivo, deberá combinar amplios conocimientos en temas de zootecnia, pero también de administración (Fernández A. 2017). Así mismo, deberá aprovechar las mejores prácticas probadas, no solo las directamente relacionadas con la ganadería, también las administrativas, contables, financieras, logísticas, comerciales, entre otras.

Dada la poca información y registros económicos que se tienen en las unidades de producción, sobre todo de pequeña escala, el productor toma decisiones de producción-comercialización de la leche sin tener certeza de sus utilidades. Esto remarca la necesidad de contar con información económica para tomar mejores decisiones económicas, que impacten de forma positiva en sus unidades de producción. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar los costos de producción de un litro de leche en un sistema de producción en pastoreo a nivel familiar.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en una unidad de producción familiar (UPF), que está ubicada en el municipio de Buenavista de Cuéllar, en el estado de Guerrero. Dicha UPF se encuentra al norte del estado de Guerrero, entre los Latitud: 18.4589, Longitud: -99.407618° 27′ 32″ Norte, 99° 24′ 27″ Oeste. Colinda al norte con el municipio de Taxco de Alarcón y el Estado de Morelos; al este con el Estado de Morelos y el municipio de Huitzuco de los Figueroa Guerrero; al sur con los municipios de Huitzuco de los Figueroa e Iguala de la Independencia; al oeste con el municipio de Iguala de la Independencia y Taxco de Alarcón (INEGI 2010). El clima es tropical, la temperatura media anual es 24°C y la precipitación media anual es 599 milimetros. Existe ausencia de lluvia durante 150 días aproximadamente por año, la humedad media es del 62% y el Índice UV es 4 (CONAGUA 2010).

La población de Buenavista de Cuéllar en el 2020 fue de 12,982 habitantes, siendo 51.9% mujeres

y 48.1% hombres, los rangos de edad que se concentran mayor población fueron 15 a 19 años 1770 habitantes, 5 a 9 años 1109 habitantes y 10 a 14 años 1070 habitantes. Entre ellos concentrando el 25.8% de la población, el resto oscila entre los 20 a los 65 años. 109 habitantes de población hablan lenguaje indígena. En el cuarto trimestre de 2022, la tasa de participación laboral en Guerrero fue de 61.9%, lo que implicó un aumento de 2.15 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior. El salario promedio mensual en el cuarto trimestre de 2022 fue de $3500, superior en $510 respecto al trimestre anterior. Las ocupaciones con más trabajadores en el 2022 fueron trabajadores en el cultivo de maíz y frijol, trabajadores de apoyo en actividades agrícolas y empleos de ventas (INEGI 2010). En la agricultura se cosecha maíz, sorgo, cacahuate, y principalmente jitomate, el cual se siembra todo el año con ayuda de agua de riego, y genera trabajo a personas de la región y de fuera durante casi todo el año. En el año se siembra una superficie de 1419.9 hectáreas, con una producción de 13268.3 toneladas, donde los principales productos fueron jitomate, con 6540 toneladas, maíz con 3495.5 toneladas y tomate de cascara con 2500 toneladas.

La ganadería en el municipio está compuesta por ganado bovino, porcino, ovino, caprino, equino, aves de corral y colmenas. El inventario ganadero conforma alrededor de 14 mil cabezas de ganado (SIAP 2018), 9214 de porcinos, 5160 de caprinos, 196 de ovinos y 263 686 aves de producción. Un pequeño porcentaje de la población se dedica al aprovechamiento del producto de animal vivo y sus derivados, como lo es la producción de leche, quesos, yogurt y nata. Así como el uso de piel para elaborar artesanías de calidad, como lo es la talabartería.

La unidad de producción donde se llevó a cabo el presente trabajo cuenta con 20 hectáreas, de las cuales 12 hectáreas son destinadas al pastoreo y 8 hectáreas para siembra. La recopilación de datos se realizó durante labores rutinarias de la producción “Las joyas” durante el mes de enero de 2023. Se realizó un diagnóstico general entrevistando al productor y mediante la investigación participativa, es decir, involucrándose en las actividades que se realizan en la UPF, se logró identificar y cuantificar los insumos que participan en la producción lechera, como el forraje para alimentar los animales, el recurso animal, salarios, equipo con motor y sin motor, las instalaciones, renta, entre otros. La información obtenida se vertió a una base de datos para su posterior análisis económico.

RESULTADOS

Los resultados muestran que la unidad de producción cuenta con un total de 16 animales, de los cuales 11 son vacas en producción con un total de 2700 litros producidos en el mes de enero y un promedio de 8.18 litros por animal, así como 5 vacas secas.
La UPF cuenta con una galera donde se lleva a cabo la ordeña, tiene 4 comederos individuales, una pila de agua y una barranca donde pueden beber todos los animales adultos, los becerros cuentan con 1 comedero y un bebedero, el potrero tiene aproximadamente 12 hectáreas, dividido en potreros de siembra y el potrero donde los animales están pasteando todo está limitado por cercos vivos y muertos. También tiene entrada para vehículos (tractores, trilladoras, sembradoras y camiones) a todo el rancho.
Cuentan con equipo de limpieza como lo son: palas, carretilla, estropajos, cubetas, asientos para que se lleve a cabo la ordeña, jabón y un tinaco de 1000 litros.
Durante el día se realiza una sola ordeña, que se lleva a cabo aproximadamente entre las 5 o 6 de la mañana, donde las vacas ingresan a un corral, el cual tienen comederos individuales, se le sirve su ración a cada vaca conforme a su producción, en ese momento es practicada la ordeña manualmente por el dueño de la producción en un promedio de 3 a 4 horas, se recopila la leche de todos los animales en peroles y garrafones de 20 litros, posteriormente es trasladada al centro de la comunidad en vehículo particular, donde un acopiador recolecta la leche de varios productores, quien vende la leche a 13 pesos. Los insumos fijos que se consideraron fueron: agotamiento animal, renta de terreno y mano de obra 53.68% y los variables: 46.31% gasolina, jabón mantenimiento de cercas, agua, concentrado.

COSTOS DE PRODUCCIÓN Y PORCENTAJE DE INTEGRACIÓN

A continuación, en el cuadro 1 se muestran los insumos utilizados, divididos en costos fijos y variables y su porcentaje de inclusión en los costos totales.

Cuadro 1. Insumos utilizados para la producción de leche, divididos en cotos fijos y variables.

INSUMOS	CFT	CVT	CT	%	CFU	CVU
CONCENTRADO		10950	26008.33	42.10		4.06
GASOLINA		2400		9.23		0.89
VACA	458.33			1.76	0.17	
TRABAJADOR	5000			19.22	1.85	
MANTENIMIENTO		200		0.77		0.07
TERRENO	1500			5.77	0.56	
AGUA		200		0.77		0.07
POLLINAZA	2000			7.69	0.74	
FORRAJE	3200			12.30	1.19	
JABÓN		100		0.38		0.04
TOTAL	12158.33	13850		100.00	4.50	5.13
PRODUC MES	2700					
PRECIO LITRO	11		Costo por litro	9.63		
VACAS EN PRO	11					
PROMEDIO	8.18					

Al determinar los rubros de costo fijo y costo variables durante el mes de enero de 2023, se procedió a determinar los litros de leche producidos que fueron 2700 litros, concluyendo que el costo para producir un litro de leche fue de $ 9.63 y el precio de venta fue de $11.00. El punto de equilibro de la unidad de producción se encuentra en 2071.14 litros de leche, que se logra con 8 animales en producción (cuadro 2).

Cuadro 2. Producción total mensual de leche y puntos de equilibrio.

MES	PRODUCCIÓN	PRECIO DE VENTA	C.U	PeX	PeZ
ENERO	2700	11	9.63	2071.14	8

Pero al eliminar los costos de oportunidad de los insumos que son propiedad del productor, el costo de producción de un litro de leche disminuye a $ 7.02 por litro de leche. Por lo cual se encuentran con utilidades $10650 y se logra con una producción de 4 animales (cuadro 3).

Cuadro 3. Costos totales sin incluyen el costo de oportunidad.

C.U	CT	IT	UTILIDAD	UTI/LITRO	PeX	PeZ
7.02	19050	29700	10650	3.98	880.25	4

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La agricultura es una actividad de importancia para las pequeñas producciones, no obstante, la ganadería, y principalmente la lechería familiar bovina desempeña funciones importantes para la

economía de los hogares que operan las empresas, debido a que es una fuente de ingresos segura y constante; además, la acumulación de ganado representa una forma de ahorro (Douphrate et al., 2013). Bajo la visión de la economía campesina, la generación de un flujo de efectivo, el ahorro, el aprovechamiento de la mano de obra familiar, el arraigo hacia una actividad productiva (Barrera et al., 2018), la satisfacción personal y la tradición familiar son razones que explican la continuidad de actividades que presentan indicadores de rentabilidad negativos.

El insumo mano de obra familiar representa para la lechería de pequeña escala una de sus grandes fortalezas y principales estrategias para aprovechar el capital humano con el que se dispone en el núcleo familiar.
Los resultados arrojaron que, en la unidad de producción analizada, el costo de producción por litro de leche fue de $ 9.63, pero al no considerar los costos de oportunidad, se refleja un costo de $7.02. En dicha UPF, que cuenta con una extensión de terreno de 20 hectáreas, con 11 vacas en producción que mantiene un promedio de 8.18 litros diarios y un precio de venta de $11 pesos, se obtiene una utilidad de $ 1.37 pesos por litro de leche producido, y con un punto de equilibrio de 2071.14 litros de leche en ese mes.
También, al eliminar los costos de oportunidad, se obtiene una utilidad de $ 3.98 por litro de leche producido y un punto de equilibrio en 880.25 litros de leche al mes. Realizar el análisis económico provee de elementos importantes para que el productor tome decisiones sobre los insumos que mayor porcentaje se incluyen en los costos de producción de un litro de leche, lo cual puede hacer eficiente su proceso productivo y por ende, obtener mayores ganancias económicas.

LITERATURA CITADA

1. Barrera, O. T., Sagarnaga, L. M., Salas, J. M., Leos, J. A., & Santos, R. (2018). Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. Mundo Agrario, 19(40), e077. https://doi.org/10.24215/15155994e077
2. Brinkmann, P., Hákansson, A., Bütiené, I., Kjsersgard, H., Mortensen, B. K., Martens, J., Müller-Hansen, B., Petrenko, A. (2014). The use of networks as a strategic approach of micro-enterprises in the agri-food sector. International Journal of Entrepreneurship and Innovation, 15(3), 169-178. https://doi.org/10.5367/ijei.2014.0156
3. CONAGUA. Gerencia de Planificación Hídrica. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). http://sina.conagua.gob.mx/sina/.
4. Coordinación General de Ganadería, (SAGARPA). Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. Claridades Agropecuarias, noviembre 2007; 34-43. http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp?numero=207.
5. Douphrate, D. I., Hagevoort, G. R., Nonnenmann, M. W., Lunner, C., Reynolds, S. J., Jakob, M., & Kinsel, M. (2013). The dairy industry: A brief description of production practices, trends, and farm characteristics around the world. Journal of Agromedicine, 18(3), 187-197. https://doi.org/10.1080/1059924X.2013.796901
6. Espinosa O. V., Rivera O. G., & García H. A., (2008). Los canales y márgenes de comercialización de la leche cruda producida en sistema familiar, Veterinaria México, 39(1), 1-16. Recuperado en 22 de mayo de 2023. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922008000100001&lng=es&tlng=es.
7. Fernández B. A. (2017). Diagnóstico del proceso administrativo de una empresa de ganado bovino ubicada al norte del Estado de Puebla, Universidad Iberoamericana, Puebla, México.
8. Figueredo C. F., Federico I. H., & Mendoza L. G., (2016), Guía de buenas prácticas pecuarias en producción lechera. México.
9. Food and Agriculture Organization. (2021). Gateway to dairy production and products. http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/
10. International Dairy Federation. (2021). The global impact of dairy. https://fil-idf.org/dairys-global-impact/

11. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010 Compendio de información geográfica municipal 2010. Buenavista de Cuéllar, Guerrero.
12. Secretaria de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Dirección de Análisis Estratégico [En línea]. México, disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/621458/Escenario_leche_de_bovino_feb_2021.pdf
13. Surdi, A. L., Dias, G., Zimmer, G. F., & Ventura, G. (2020). A design research business model: A framework built with Brazilian farmers. Brazilian Administration Review, 17(1), 1-27. https://doi.org/10.1590/1807-7692bar2020190032
14. Vera A. H., Hernández A. L., Espinoza G. J., & Ruiz L.F., (2009), Producción de leche de bovino en el sistema familiar. INIFAP. CIRGOC. Libro Técnico Núm. 24. Veracruz, México. 384p.

EVALUACIÓN ECONÓMICA EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN BOVINA DE DOBLE PROPÓSITO EN LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ

Contreras L.A.A. [*]*, Corro M.M.D. [2], Rubio G.I. [2]

RESUMEN

Se realizó la evaluación económica de una unidad de producción bovina comercial de doble propósito localizada en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz a una altitud de 20 m sobre el nivel del mar. Y un clima cálido-húmedo, con temperatura media anual de 23.9°C; su precipitación media anual es de 1368.7 mm. La unidad de producción cuenta con una superficie de 100 Hectáreas, y un inventario ganadero de 137 cabezas de ganado. Mantenidas en praderas compuestas por 90% de pastos mejorados y 10% Gramas nativas. Se utilizaron los registros productivos y económicos generados durante un año (1 de enero al 31 de diciembre de 2018). Siguiendo la metodología utilizada por FIRA de 2007 y 2010 (BAXICO-FIRA, 2007, BAXICO-FIRA, 2010) & Zarate et al. 2010. El ingreso generado durante 2018 fue de $ 1,017,436.60 constituido por venta de leche $ 545,962.40, venta de animales $156,934.20, venta de animales para pie de cria $ 27,000.00 e ingresos por cambio de inventario $ 287,540.00. Se realizó la contabilización de los costos para obtener el costo total del año, obtenido de la suma de costos fijos más costos variables, ($ 912,020.97). En cuanto a las utilidades se observó una utilidad bruta de $1,017,436.60. Con una utilidad neta sobre costos totales de $105,415.63. Esta cantidad calculada como renta anual (utilidad neta/inversión inicial) resultó en 1.17%. No obstante, la rentabilidad sobre los gastos totales (variables +fijos) de operación fue 10.4%. Mientras que la rentabilidad sobre los costos variables la rentabilidad fue 27.6%. Se concluye, que una unidad de producción de doble propósito con un nivel de tecnología de medio puede resultar en márgenes de ganancia aceptables, tanto para el producto leche y venta de animales (carne).

INTRODUCCIÒN

La ganadería en México es una actividad agropecuaria importante, pues se realiza en poco más del 50% del territorio nacional y mantiene alrededor de 24 millones de vacas. De las cuales alrededor de un tercio (6,534,627) se encuentran en sistemas de producción de doble propósito (SPDP) (INEGI 2019, PGN SADER 2021). La finalidad del SPDP es producir leche y carne en sistemas de pastoreo utilizando animales provenientes de las cruzas de razas europeas (Holstein, Pardo Suizo y Simmental, entre otras) con razas cebuinas.

Durante el año 2021 la producción de leche en México superó los 13 millones de toneladas y la producción de carne alcanzó más de 2 millones de toneladas (SADER 2022). De los cuales, las unidades bajo el SPDP aportan 50 % de la producción de carne y 25 % de la producción láctea. (Albarrán-Portillo et al 2015)

Los SPDP en las zonas tropicales se caracterizan por su gran flexibilidad, debido a su adaptación a diversas condiciones climáticas, así como el uso de mano de obra familiar, menor capital inversión y apoyo técnico que los sistemas especializados de producción de leche. (Rangel et al. 2020)

En general, este modelo se desarrolla en condiciones de gran rusticidad desde el punto de vista tecnológico con rendimientos muy bajos, de 4 a 11 litros promedio por vaca al día y becerros con pesos al destete entre 110 y 140 Kg (edad de 7 a 8 meses). Se asume que la principal ventaja de este modelo son los bajos costos por concepto de alimentación. (Granados et al., 2011; Gudiño et al., 2019). No obstante, las bondades del SPDP, existe una falta de adopción de tecnologías por

[*] Contreras León Abraham Alejandro
Sur 145 # 1803 Col. Gabriel Ramos Millán Sección Bramadero Del. Iztacalco CP. 08000
ibrahim19@outlook.es 2351067994
macorro@unam.mx 2323293380
[2]Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, FMVZ UNAM

parte de los productores. En un estudio realizado por Espinoza-García et al (2018) identificaron que 76% productores tuvieron un nivel tecnológico bajo, y 24% nivel tecnológico intermedio. Así los primeros aplican en promedio el 33% de innovaciones; mientras que los otros aplican en promedio 66% de innovaciones. Así, estos autores concluyeron que la productividad y la rentabilidad mejora cuando las unidades en SPDP aplican mayores innovaciones tecnológicas relacionadas con la salud del hato, nutrición y la gestión administrativa. Diversos autores (Cuevas et al, 2018, Zárate et al, 2010, Rangel et al, 2020, Camacho et al, 2016) han realizado estudios de tipo económico-productivo para estimar la situación y características que presentan las unidades de producción lechera en las zonas tropicales en Veracruz, en donde coinciden que, la ganadería en México, debería ser un negocio rentable.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue realizar la evaluación económica de una unidad de producción comercial de doble propósito de un productor cooperante en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz.

MATERIAL Y MÈTODOS

La unidad de producción bovina “Los manantiales” se encuentra localizada en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz, 19°54'50.0" latitud Norte, 96°34'51.5" longitud oeste (Figura 14), a una altitud de 20m sobre el nivel del mar. La región tiene un clima cálido-húmedo, con una temperatura media anual de 23.9°C; su precipitación media anual es de 1368.7 mm. (INAFED/2019). La unidad de producción tiene una superficie de 100 Hectáreas, de las cuales 1 Ha está destinada para infraestructura y para la vivienda de los trabajadores. Las praderas están compuestas en un 90% de pastos mejorados (50% *Brachiaria decumbens*, 25% Privilegio (*Panicum maximun*), 10% gramas nativas (*Axonopus lspp y Paspalum spp*) y 5% Estrella (*Cynodon plectostachyus*, *Cynodon dactylon*). El control de malezas se realiza mediante métodos químicos y manuales durante el año. El fin zootécnico es la producción de leche y venta de animales mediante el uso de vacas de cruzas entre Pardo Suizo/Cebú. Durante el periodo evaluado, se manejaron en promedio 33 vacas ordeñadas una sola vez al día en forma mecánica en una sala con capacidad de 4 plazas. Los becerros se manejan en un sistema de crianza artificial. A partir del tercer día de edad son separados de sus madres y alimentados en una nodriza fija, para alimentar 6 becerros a la vez. De los becerros nacidos durante el año se seleccionan entre 5 o 6 hembras como reemplazos. De los restantes becerros (machos y hembras), 50% se destina para abasto cuando alcanzan un peso de entre 180-230 kg y el 50% restante se destinan a la venta como pie de cría (cuando existen compradores). La alimentación de los animales adultos se basa en el pastoreo, y se complementan con sales minerales *ad libitum y* heno de pasto pangola (*Digitaria eriantha*) durante todo el año. Las vacas en producción, además, reciben alimento balanceado comercial durante el ordeño. Además de lo anterior, cuenta un corral fabricado con madera, para el manejo general y para vacas en producción, manga de manejo, dos comederos de concreto y un bebedero también de concreto, una bodega de insumos (para el resguardo de alimento y pacas de pasto pangola (*Digitaria eriantha).* La unidad de producción se encuentra dentro de la red de productores cooperantes del programa de extensión y transferencia de tecnología del CEIEGT UNAM. Debido a las características del uso de tecnologías antes mencionadas se considera a la unidad de producción con un nivel tecnológico medio a alto.

Para la evaluación económica (enero-diciembre 2018) se utilizó la metodología descrita por FIRA de 2007 y 2010 (BANXICO-FIRA, 2007, BANXICO-FIRA, 2010). Para el cálculo de punto de equilibrio se utilizó la metodología de Zárate et al. (2010), donde los costos totales por producto generado se dividen entre el precio de venta promedio anual, para obtener las unidades que se deben producir al año sin que haya perdidas ni ganancias.

RESULTADOS

Al inicio del estudio (enero 2018) se realizó un cálculo sobre los recursos con los que contaba el productor a valores corrientes. En el cuadro 1 se muestran los bienes considerados como capital tangible (los valores de las instalaciones fueron proporcionados por el productor). El cual ascendió a $ 9,009, 390.00. Lo cual se consideró como la inversión inicial. Al inicio del año el inventario de animales con el que contaba la unidad de producción evaluada señalaba la existencia de 137

animales, al final se contabilizaron 158 lo cual representa una ganancia de $ 287,540.00 por concepto de cambio de inventario.

Cuadro 1. Inventario de recursos (Capital Tangible) en una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz (Enero 2018)

Capital	Valor
Semovientes	**$ 1, 579, 190.00**
Terreno	**$ 7, 000, 000.00**
Instalaciones	**$ 45, 000.00**
Maquinaria y equipo	**$385, 200.00**
Total	**$ 9,009, 390.00**

En el Cuadro 2 se muestran los ingresos totales. Donde 53.6 % de los ingresos correspondió a la venta de 91, 643 litros de leche, con precio promedio por litro de $5.93. Mientras que el peso total de los animales vendidos para abasto durante el año fue de 4,384.80 Kg, a un precio promedio de $39.65, resultando en un ingreso de $156,934.20, lo que significó 15.5% de participación de los ingresos anuales. Por otra parte, la venta de animales para pie de cría tuvo una participación de 2.6%. Los ingresos por cambio de inventario, se consideran ingresos potenciales para la unidad de producción. Así considerando todo lo anterior la venta de animales aporta 46.4% de los ingresos totales de la unidad de producción.

Cuadro 2. Distribución de ingresos de producción de doble propósito en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz (Enero- Diciembre 2018)

Ingresos por venta de leche	$ 545,962.40	53.6%
Ingresos por venta de animales para abasto	$156,934.20	15.5%
Ingresos por venta de animales para pie de cría	$ 27,000.00	2.6%
Ingresos por cambio de inventario	$ 287,540.00	28.3%
Total	**$ 1,017,436.60**	**100.0**

Los costos totales de producción durante el año 2018) significaron $ 912,020.97, obtenidos de la sumatoria de los costos variables y fijos (Cuadro 3 y 4). En el presente análisis los rubros de alimentación y mano de obra sumaron el 86.4 % del total de costos.

Cuadro 3. Distribución de costos variables de una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz (Enero- Diciembre 2018)

Concepto	Cantidad	%
Alimentación (Alimento balanceado + heno)	$387,603.84	48.6%
Mano de Obra (Salario + bonos)	$301,050.00	37.8%
Gasolina	$36,000.00	4.5%
Sales minerales	$14,925.00	1.9%
Medicina/vacunas	$43,348.88	5.4%
Herbicidas	$8,745.00	1.1%
Semen	$2,910.00	0.4%
Servicio veterinario	$2,830.00	0.4%
Total	$797,412.72	100.0%

Cuadro 4. Costos fijos de producción de una unidad de producción de doble propósito en el municipio de Vega de Alatorre, Veracruz (Enero- Diciembre 2018)

Termo/nitrógeno	$6,096.00
Impuestos	$2,800.00
Refacciones y herramientas	$ 7,190. 65
Electricidad/ordeña	$2,347.00
Electricidad/casa de empleados	$961.00
*Depreciación de maquinaria y equipo	$73,188.00
*Depreciación de instalaciones	$4,185.00
*Depreciación de animales	$25,031.25
Total	**$114,608.25**

Para obtener el punto de equilibrio (Cuadro 5), se obtuvieron los costos de producción por producto generado, resultando que el costo por producción de leche representa un egreso de capital de $ 488,843.23 y la producción de carne **$** 141,363.25. El punto de equilibrio se alcanza en el caso del producto leche al producir 82,435.62 L, lo cual ocurrió en el mes de octubre de 2018, obteniendo un superávit de 9.207.38 L de leche en el año 2018. En el caso del producto carne el punto de equilibrio se alcanzó al vender 3,565.27 Kg, teniendo un superávit de 818.73 Kg de carne en pie.

Cuadro 5. Punto de equilibrio por producto (leche y carne) en una unidad de doble propósito

Concepto	Leche	Carne	Kg de Peso Vivo
Costos totales ($)	$475,426.48	$ 137,483.41	$23,061.73
Precio de venta ($)	$5.93	$39.65	$54.00
Producción anual (L y Kg)	91,643 L	4,384 Kg	500 Kg
Punto de equilibrio (L y Kg)	82, 435.62 L	3, 565.27 kg	439.12 kg
Producción por encima del punto de equilibrio (L y Kg)	9.207.38 L	818.73 Kg	60.88 Kg

En cuanto a las utilidades se observó una utilidad bruta de $1,017,436.60. Con una utilidad neta sobre costos totales de $105,415.63. Esta cantidad calculada como renta anual (utilidad neta/inversión inicial) resultó en 1.17%. No obstante, la rentabilidad sobre los gastos totales (variables +fijos) de operación fue 10.4%. Mientras que la rentabilidad sobre los costos variables la rentabilidad fue 27.6%.

DISCUSIÒN Y CONCLUSIONES

Una de las características de las unidades de producción en el trópico es la doble función para producir leche y animales para la venta. En donde la proporción de ambos productos este alrededor del 50 % (Rangel et al 2020). En el presente estudio los ingresos por venta de leche y venta de animales estuvieron dentro de los rangos mencionados para las unidades de producción de doble propósito. Utilizando ganado de la cruza Pardo Suizo/Cebú, se obtuvo una producción promedio 9.2 L de leche por vaca al día, producción similar a la obtenida por Zárate et al., 2010, el parámetro de producción promedio de leche por vaca al día se encuentra dentro de los parámetros referidos por Granados, (2011), el cual oscila en un rango de 4-11 Litros de leche por vaca al día. Por otra parte, los costos de alimentación alcanzaron 48.6 % del total, valores similares a lo encontrado por Calderón et al 2010 para doble propósito con valores cercanos al 50 % del total de costos de operación.

Los costos de producción totales (variables y fijos) durante el año 2018, representaron 55.49 % y 44.51% respectivamente. De acuerdo con Granados, 2011, el costo porcentual de los insumos fijos representa el 86.9% y el costo de los insumos variables representó el 13.1%. Por otra Zárate et. al., 2010, indicaron que, dentro de los costos variables, la alimentación y la mano de obra son los principales rubros de mayor importancia dentro de una unidad de producción bovina de doble propósito, son la compra de alimento concentrado (24,35%) seguido de la mano de obra (15,72%). En contraste, en el presente estudio el alimento balanceado fuel 35.65%, de los costos totales y la mano de obra el 32.29%. Además, los costos por concepto de alimentación pueden explicarse si consideramos lo mencionado por Puebla et. al., 2015 y por García et. al., 2018, quienes mencionan que, las unidades de producción de doble propósito se ven afectados por la baja disponibilidad de forraje durante las épocas de estiaje. Por consiguiente, los costos por conceptos de alimentación se ven aumentados, ante la necesidad de compra de alimentos balanceados comerciales.

En el presente estudio, se observó que, por cada litro de leche se obtiene una utilidad de $ 0.60. mientras que por cada kilo de animal vendido se obtienen $ 7.42.

En el caso de la venta de animales para pie de cría se obtiene una utilidad de $6.58 por Kg de peso vivo. Aunque las utilidades por concepto de venta de animales resultan atractivas. Estas solo ocurren en ciertos meses del año y cuando se tienen disponibles becerros con pesos en el rango de 120-180 kg. Mientras que la leche es un producto del cual se mantiene una producción constante todo el año. Aunque, el tema de eficiencia reproductiva no se encuentra dentro del objeto de estudio del presente trabajo. Se observó que de 100 vacas adultas solo una tercera parte, en promedio, se encontraban en producción. Esta situación afectó la productividad y sobre todo la rentabilidad de la empresa

ganadera de doble propósito. Magaña et al, 2006 mencionan que el mejoramiento de los niveles de producción en la ganadería de doble propósito en el trópico puede lograrse mediante un avance en el manejo nutricional y reproductivo de la vaca. Se concluye, que una unidad de producción de doble propósito con un nivel de tecnología de medio a alto puede resultar en márgenes de ganancia aceptables.

Bibliografía

Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar, S., ... Arriaga-Jordán, C.M., 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. Tropical Animal Health and Production 47, 519–523. doi:10.1007/s11250-014-0753-8

Alonso A; Alonso F; Espinosa V; García G; López A ; Meléndez R ; Reyes J; Ruíz C:Velázquez P.2007. Economía Agropecuaria, México, Editorial Omicrón.

Banco de México, FIRA. 2003. Perspectivas de la red leche de bovino en México. Dirección de Análisis de Cadenas Productivas y Servicios Técnicos Especializados. Documento técnico. México.

Banco de México, FIRA. 2007. Costos de Producción sistema de ganado bovino de doble propósito en Tabasco. Documento técnico. México.

Banco de México, FIRA. 2010. Costos de Producción de becerro. Boletín Informativo FIRA. Nueva Época. Núm. 8. México.

Calderón R.R.C., Calderón Ch.R., Ríos U.A., Vega M.V.E., Lagunes L.J. y Andres L.A. 2022. Evaluación económica en una ganadería comercial con un sistema de producción de doble propósito en el subtrópico húmedo. Memorias del XLIV Congreso Nacional de Buiatría "MVZ Salvador Avila Téllez" Asociación Mexicana de médicos veterinarios especialistas en Bovinos AC, Aguascalientes, Ags

Camacho V: Joaquín H; Cervantes F; Palacios M; Cesín A; Ocampo J. 2017. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. Revista mexicana de ciencias pecuarias, Vol.3. Núm. 8. México.

Castro, LCJ; Sánchez, RG; Iruegas, ELF; Saucedo, LG. 2001. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. México, DF. FIRA Boletín Informativo. Vol. 33. Núm. 317. México.

CONAGUA, 2021. Monitor de sequía de México. Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

Cuevas V.; Loaiza A.; Astengo H.; Moreno T.; Borja M.; Reyes J.; González D.; 2018. Análisis de la función de producción de leche en el sistema bovinos doble propósito en Ahome, Sinaloa. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. Vol. 9. Núm. 2. México.

Espinoza-García JA, Matus-Gardea JA, Martinez-Damian MÁ, Santiago- Cruz MD, Román-Ponce H, Bucio-Alanis L. Análisis económico de la tecnología de doble propósito en Tabasco y Veracruz. Agrociencia. 2000;34(5):651-661.

García, A; Estrada, I; Esparza, S; Albarrán, B; Yong, G; Rayas, A. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. **CIENCIA ergo-sum**, Vol. 25, Núm. 3, México.

García, M. J. 2007. Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. Interciencia.

Granados, L; Quiroz J; Barrón M; Cruz C; Jiménez M; Costo de producción del litro de leche y carne en un sistema de lechería de doble propósito. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal. México.

Gudiño R, Vega V, Castillo H. 2019. "Fortalezas debilidades de los sistemas de producción en el trópico (Vaca-Cría)". Memorias del Simposio internacional de bovinos de carne en el trópico CEIEGT FMVZ UNAM, Boca del Río, Veracruz, México.

INAFED. Enciclopedia de municipios delegaciones de México. Disponible en: http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30192a.html

Magaña, J.G., Ríos, G., 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México, Archivo Latinoamericano de. Producción. Animal, 14(3): 105-114.

Nuñez, OJM; Solís, SA; Rodríguez, PCG; Blanco, DR. 1999. Situación actual del productor lechero de menores ingresos en el estado de Jalisco. *In* XXXV Memorias Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México.

PGN, 2019. Padrón Ganadero Nacional. Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. Disponible en http://www.pgn.org.mx/

Puebla, S; Rebollar, S; Albarrán, B; García, A; Arriaga; C. 2015. Análisis técnico económico de sistemas de bovinos doble propósito en Tejupilco, Estado de México, en la época de secas. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Núm. 65. México.

Rangel J; Perea, J; De-Pablos-Heredero C.; Espinosa-García J.A; Mujica P.T.; Feijoo M.; Barba C.; García, A. 2020. Structural and Technological Characterization of Tropical Smallholder Farms of Dual-Purpose Cattle in Mexico. *Animals*.

Rojas, BB. 1996. Evaluación financiera de un sistema de producción de leche y pie de cría con ganado Suizo Pardo en pastoreo en el subtrópico húmedo. Tesis Profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.

SADER-SIAP 2018. Boletín de Leche Octubre-Diciembre 2018. SADER-SIAP Disponible en: https://www.inforural.com.mx/wpcontent/uploads/2019/03/Bolet%C3%ADn-de-Leche-octubre-diciembre-2018.pdf

SAGARPA-SENASICA. 2012. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias Sistema de Explotación Extensivo y Semi-Extensivo de Ganado Bovino de Doble Propósito. México.

SAGARPA-SIAP. 2016. Panorama de la Leche en México.. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2016.pdf

SAGARPA 2017. Boletín Lechero. 2017. SAGARPA. Disponible en: https://www.gob.mx/siap/prensa/boletin-de-leche-155932?tab=

Torres V; Domínguez B; Vázquez D; Espinoza V. 2020.Costo del intervalo interparto en la producción bovina tropical del sureste de México. Agroproductividad Vol. 13. Núm.7.México.

USDA 2016. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Disponible en: https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/73666448x?locale=en

USDA,2018 Dairy: World Markets and Trade. Disponible en: https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/5t34sj56t?locale=en

USDA 2018. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Disponible en: https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/73666448x?locale=en

Zárate J;Esqueda V; Vinay J; Jácome S. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. Agronomía Mesoamericana. Núm.21 (2). Costa Rica.

Sustentabilidad Agropecuaria

ESTRATEGIAS DE MANIPULACIÓN RUMINAL PARA DISMINUIR LA PRODUCCIÓN DE METANO EN RUMIANTES: REVISIÓN.

*Corona-Ávila I.J.

Resumen:

El calentamiento global es un problema actual global en el que los gases de efecto invernadero (GEI) desempelan un papel muy importante, dentro de los GEI destacan el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (NO_2). La actividad ganadera contribuye con el 39% de las emisiones de metano atribuidas a la actividad agropecuaria, esto es de importancia debido a que el CH4 tiene un potencial de calentamiento global de 28 a 34 veces el del CO_2; por lo anteriores necesario implementar estrategias de mitigación de metano entérico en los rumiantes para disminuir su aporte a los GEI. En esta revisión se describen los mecanismos de acción de algunas estrategias de mitigación de metano que se encuentran dentro de la categoría de: manipulación ruminal; como lo son los ionóforos, los aceptores de electrones y los compuestos vegetales secundarios.

Introducción.

Un problema importante que enfrenta nuestro planeta hoy en día es el cambio climático causado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de la actividad antropogénica (Cardona-Iglesias *et al*., 2016). En general, el ganado contribuye con el 14-15% de las emisiones antropogénicas de GEI, y los rumiantes son responsables de dos tercios de esta producción (FAO, 2013; Gerber *et al*., 2013). Estos GEI pueden ser metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), y óxido nitroso (NO_2), los cuales son los mayores contribuyentes al calentamiento global (Ugbogu *et al*., 2019). Las emisiones de metano provenientes de la agricultura están dominadas por la producción de rumiantes (39%) y por lo tanto el desarrollo de herramientas de manejo y estrategias para reducir la huella de carbono de esta industria de importancia económica y social son esenciales (Glasson *et al*., 2022).

Las emisiones antropogénicas de CH_4 en 2020 fueron de 380 Mt, de las cuales 49 Mt/año fueron de origen pecuario (United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition, 2021). El metano producido por rumiantes colaboró con más del 95% del total de metano de origen pecuario, mientras que el proveniente de no rumiantes fue de cerca del 5% (Fig. 1).

El metano es importante en el ciclo del carbono en el ambiente natural y la fuente predominante es la producción por arqueas metanogénicas (Berghuis *et al*., 2019). Desde una perspectiva climática, la importancia de las emisiones de metano es secundaria solo a las emisiones de dióxido de carbono, pues tienen un potencial de calentamiento global de 28-34 veces la del CO_2 (Carnachan *et al*., 2019), y su vida media en la atmósfera es de 8.4 años (Glasson *et al*., 2022).

* *Corona Ávila Isidro Jonathan. Ciudad Universitaria, 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México. isidro.corona@unam.mx, 56-17-29-05-73.

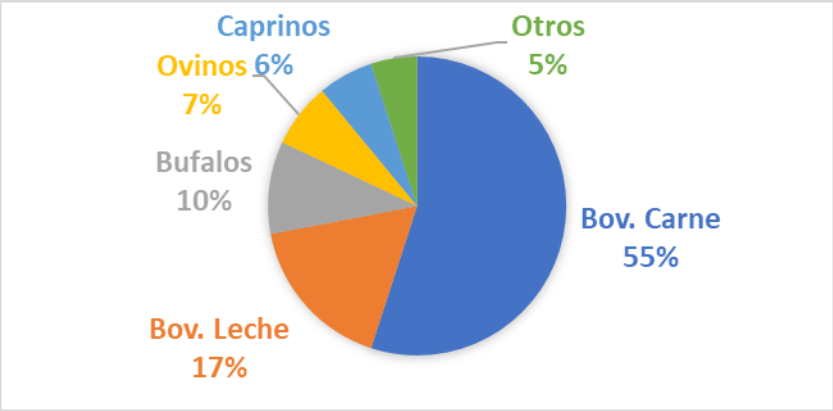


Fig. 1. Contribuciones de diferentes especies animales a las emisiones totales de CH_4 de origen animal. Modificado de Zhao & Zhao, 2022.

Metanogénesis en el rumen.

En el rumen bajo funcionamiento normal, las proteínas y carbohidratos poliméricos, que a menudo componen la mayor parte del alimento ingerido, son fermentados por una comunidad microbiana mixta, produciendo ácidos grasos volátiles (AGV), NH_4^+, CO_2, H_2 y CH4 (Fig. 2). El hidrógeno es metabolizado por los metanógenos. Los AGV son absorbidos por el animal a través de la pared ruminal y sirven como fuentes principales de carbono y energía para el rumiante. Una parte de los AGV, componentes del alimento no digeridos, y células microbianas abandonan el rumen y entran al resto del tracto digestivo del animal. El papel central del H_2 en la fermentación ruminal significa que, aunque las arqueas metanogénicas representan únicamente una pequeña parte de la biomasa microbiana del rumen, juegan un papel importante en el funcionamiento ruminal y la nutrición animal. La eliminación eficiente de H_2 permite un patrón nutricional más favorable de formación de AGV y una tasa de fermentación incrementada por la eliminación del efecto inhibitorio del H_2 sobre la fermentación microbiana (Janssen & Kirs, 2008).

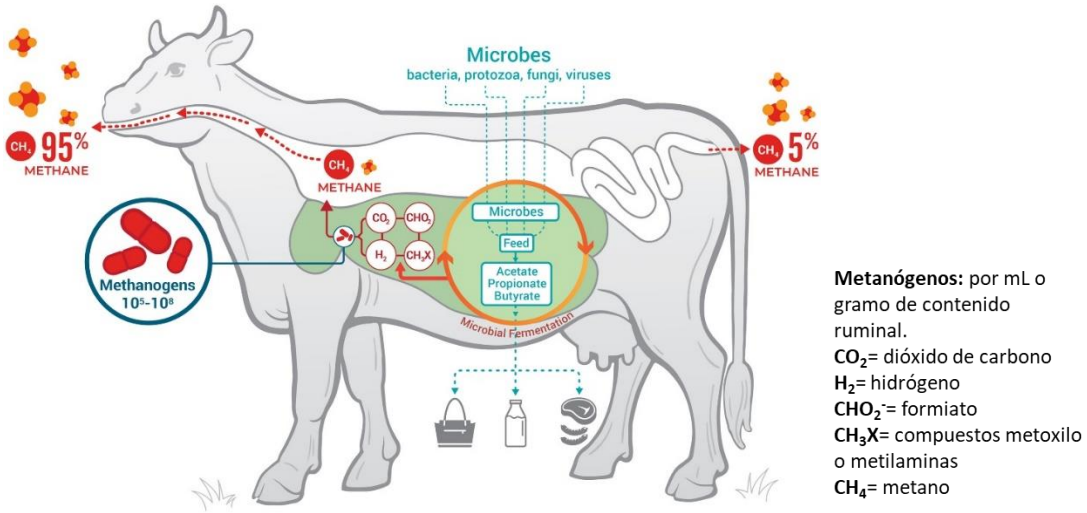


Fig. 2. Procesos de fermentación ruminal, sus productos y microorganismos que contribuyen. Modificado de Glasson et al., 2022.

El hidrogeno (H_2) es un importante intermediario producido en el proceso de fermentación, en el rumen es liberado a partir de los equivalentes reducidos de la glucólisis y de la descarboxilación oxidativa del piruvato hacia acetil-CoA (Lan & Yang, 2019), el cual debe ser removido eficientemente

para facilitar la fermentación posterior (Mcallister & Newbold, 2008). La producción de metano es considerada como la principal vía de excreción de H_2 en el rumen, el cual es sintetizado por arqueas metanogénicas con H_2 y CO_2 como sustratos en un proceso denominado metanogénesis (Kumar *et al*., 2014; Islam & Lee, 2019).

En adición a la metanogénesis, existen otras vías importantes para la excreción de H_2 presentes en el rumen, como la producción de propionato, la acetogénesis reductiva, la reducción de sulfato y la reducción de nitrato/nitrito (Fig. 3)(Lan & Yang, 2019).

Existen 3 rutas principales de síntesis de metano en el rumen llevadas a cabo por arqueas; la vía hidrogenotrófica convierte H_2 y CO_2 en CH_4 por las bacterias, protozoarios y hongos. Por lo general, está implícito que el formiato puede ser utilizado por las arqueas ruminales más abundantes, por lo que éste se incluye en la vía hidrogenotrófica. La vía metilotrófica utiliza grupos metilo como los presentes en metilaminas y metanol como sustrato. (Islam & Lee, 2019).

Las especies metanogénicas han sido clasificadas en 28 géneros y 113 especies, pero pueden existir varias más en la naturaleza. A partir del rumen solo algunos metanógenos han sido aislados hasta ahora con técnicas de cultivo como son: *Methanobrevibacter ruminantium, Methanobrevibacter millerae, Methanobrevibacter olleyae, Methanobacterium formicicum, Methanobacterium bryantii, Methnaomicrobium mobile, Methanoculleus olentangyi, Methanobrevibacter smithii and Methanosarcina* spp (Janssen & Kirs, 2008). *Methanobrevibacter ruminantium* y *Methanomicrobium mobile* han sido considerados los metanógenos dominantes en el rumen (Min *et al*., 2014).

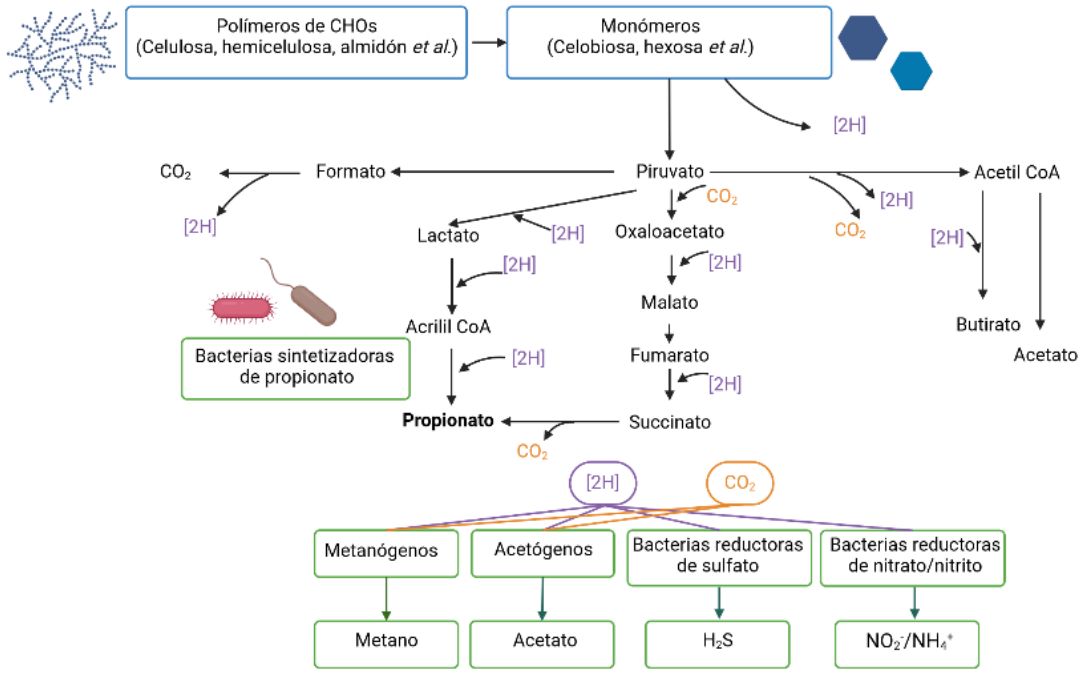


Fig. 3. Fermentación del alimento y vías de eliminación del hidrógeno en el rumen. Modificado de Lan & Yang, 2019.

Aunque la hidrogenación de ácidos grasos de cadena larga también usa el H2 producido durante la fermentación, la proporción es muy pequeña. Adicionalmente, algunos estudios indican que la síntesis de biomasa microbiana podría usar poder reductor, pero los efectos de la supresión de la metanogénesis sobre el crecimiento microbiano aún no se cuantifican ni se comprenden por completo, debido a que están involucradas muchas vías anabólicas (Ungerfeld *et al*., 2007; Guo *et al*., 2009).

Por otra parte, la metanogénesis es responsable de la pérdida de energía de entre el 2 y 12% del total de energía suministrada en el alimento en rumiantes (Johnson & Johnson, 1995; Patra, 2012b), por lo que, las estrategias de mitigación de metano redirigen la pérdida de energía como CH_4 hacia metabolismo benéfico, lo que resulta en un mejor aprovechamiento del alimento y una productividad animal mejorada (Patra, 2012b).

Estrategias de mitigación de metano.

La mitigación de metano de origen animal es un problema demandante alrededor del mundo. Se han desarrollado varias estrategias para mitigar la producción de metano por parte de los rumiantes, pero aún carecen de sostenibilidad (Islam & Lee, 2019). Las estrategias de mitigación de metano son muy diversas y tienen distintos mecanismos de acción, sin embargo, varios autores coinciden en tres categorías principales: manejo animal y de alimentación, manipulación de la composición de la dieta y manipulación ruminal. Dentro de cada una de estas categorías se pueden encontrar subcategorías que, a su vez, agrupan a diferentes estrategias o puntos de control de la metanogénesis (Figura 4)(Arndt *et al*., 2022; Congio, 2021; Ribeiro et al., 2015).

Para la presente revisión se describe brevemente el mecanismo de acción de algunas estrategias correspondientes a la categoría de manipulación ruminal.

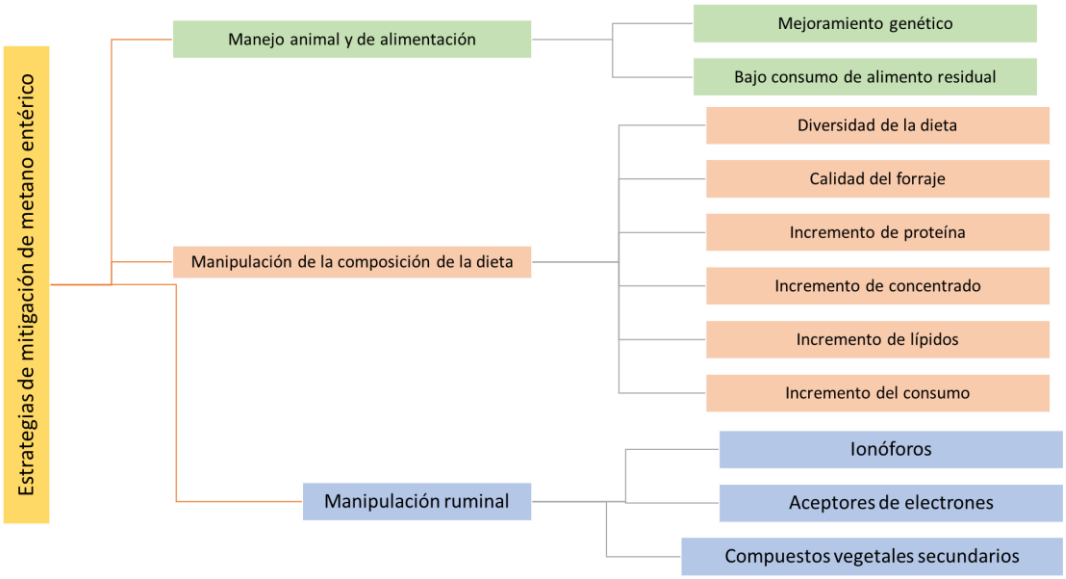


Fig. 4. Categorías y subcategorías de las estrategias de mitigación de metano entérico. Adaptado de Congio et al*., 2021.*

Ionóforos.

Los ionóforos son compuestos antimicrobianos entre los que se encuentran: monensina, lasalocida y salinomicina, los cuales se utilizan frecuentemente en ganado bovino productor de carne y leche para mejorar la eficiencia alimenticia y el desempeño animal (Shibata & Terada, 2010; McGuffey, 2001). Desde el punto de vista químico, son moléculas con diversas estructuras químicas, pero todos ellos poseen varios átomos de oxígeno esparcidos a través de la molécula. La posición de los átomos de oxígeno crea una cavidad para atrapar un catión (Pressman, 1976). Los ionóforos tienen una región polar y otra no polar que potencializan la captura de cationes y la interacción con las membranas. El ácido carboxílico, y los ionóforos poliéter fueron desarrollados inicialmente para mejorar el desempeño del ganado bovino alterando el patrón de la fermentación ruminal. Los ionóforos comparten un mecanismo de acción, con algunas diferencias, como la especificidad por

ciertos cationes y la capacidad para lograr concentraciones efectivas en el rumen (Pressman, 1976; Chow *et al*., 1994).

Estos compuestos se unen a bacterias y protozoarios, y probablemente a los hongos ruminales. Esta unión facilita el movimiento de cationes a través de las membranas celulares, intercambiando un catión monovalente por un protón (monensina, propionato de laidlomicina, salinomicina, lasalocida) o un catión divalente por dos protones (lasalocida)(Pressman, 1976). Estas reacciones, dirigidas por gradientes catiónicos y por las diferentes afinidades catiónicas de los ionóforos, culminan en una concentración intracelular reducida de K^+ y un menor pH, al igual que con una concentración intracelular aumentada de Na^+ (Russell & Strobel, 1989).

Finalmente, las bacterias generalmente las gram positivas, son forzadas a utilizar sistemas de transporte celular para disipar el H^+ y Na^+ intracelular. En bacterias gram positivas se estimulan las bombas protón-ATPasa y sodio-ATPasa, permitiendo la expulsión de H^+ a costa de 1ATP por protón. Esto reduce efectivamente las reservas energéticas, resultando en una capacidad reducida de división celular, mientras que la reducción intracelular de K^+ reduce la tasa de síntesis de proteínas. La muerte celular bacteriana posiblemente ocurre por la acidificación del citoplasma (Guffanti *et al*., 1979). Sin embargo, bajo los niveles en los que se usan en dietas para rumiantes, la reducción de ATP y K^+ mediada por ionóforos, hacen que el organismo sea incapaz de mantener la tasa de división celular en grado suficiente para mantener significancia metabólica normal (Russell & Strobel, 1989). La resistencia de las bacterias gram negativas a los ionóforos es conferida aparentemente por la presencia de una membrana externa que es impermeable a moléculas grandes (Russell & Strobel, 1989).

El efecto antimetanogénico de los ionóforos está más relacionado a la inhibición de precursores de la metanogénesis como el formiato y el H_2, más que con un efecto directo en las poblaciones metanogénicas, ya que los metanógenos son más resistentes a los ionóforos que las bacterias productoras de H_2. La reducción de precursores metanogénicos puede ser responsable de una reducción del 45% del efecto de los ionóforos sobre la reducción de la producción de metano, mientras que el resto puede ser atribuido a la reducción del consumo de alimento (Nagajara *et al*., 1997). El efecto en la reducción de la producción de metano se puede asociar con la inhibición del crecimiento de protozoarios ciliados que producen H_2 y son colonizados por metanógenos (McAllister et al., 1996).

La monensina aumenta la proporción de acetato y propionato de la fermentación ruminal al incrementar los equivalentes reductores que contribuyen a la formación del propionato en el rumiante (Beauchemin *et al*., 2008). Otros estudios han demostrado que altas dosis de monensina reducen la producción de CH4 (g/d) en un 4-10% en ganado lechero y de producción de carne (McGinn et al., 2004; Odongo *et al*., 2007). De manera similar, otro estudio reportó una reducción en la emisión de CH_4 del 30% en ganado productor de carne al adicionar monensina a la dieta en una dosis de 33 mg/kg de materia seca (Guan *et al*., 2006).

Sin embargo, este efecto inhibitorio tiene una duración límite, y varios microorganismos se han adaptado a la presencia de ionóforos (Johnson & Johnson, 1995; Beauchemin et al., 2008), aunado a lo anterior, la creciente presión para reducir el uso de antimicrobianos en la producción animal sugiere que esta estrategia de mitigación no representa una solución a largo plazo para el problema (Ribeiro *et al*., 2015).

Aceptores de electrones.

Comparado con la manipulación de la composición de la dieta, un enfoque más directo es inhibir el crecimiento y actividad de los metanógenos en el rumen. Esto puede ser a través del uso de aditivos que suprimen la metanogénesis o que actúan como aceptores de electrones al consumir los equivalentes reductores producidos durante la fermentación y redirigir el flujo de electrones lejos de

la reducción del carbono del CO_2 y por lo tanto de la formación de CH_4 (McCauley, 2020). Dentro de estos compuestos se encuentran los ácidos orgánicos como el fumarato y malato, los cuales se pueden adicionar como aditivos en el alimento (Islam & Lee, 2019) pero también compuestos inorgánicos como sales de nitrato y sales de sulfato (Congio *et al*.,2021; Ribeiro *et al*.,2015).

El uso de ácidos orgánicos propicia la producción de ácido propiónico en el rumen al actuar como aceptores de H_2 y por lo tanto reduciendo el CH_4; la adición de malato también permite la utilización de lactato por la bacteria *Selenomonas ruminantium* como sustrato para obtener carbono y energía (Castillo *et al*., 2004).

El uso de nitrato conlleva el riesgo de provocar toxicidad por nitritos, un intermediario entre la reducción de nitrato hacia amoniaco. La reducción de nitrato a nitrito y la posterior reducción de nitrito a amoniaco libera más energía que la reducción de CO2 a CH_4. Este proceso puede ser la principal vía mediante la cual se elimina el H_2 si se encuentra suficiente nitrato en el rumen. La reducción de nitrato hacia amoniaco consumo 8 electrones y cada mol de nitrato reducido puede reducir 1 mol de CH_4. El amoniaco producido queda disponible para otros procesos anabólicos y puede ser una fuente importante de nitrógeno fermentable en dietas deficientes de proteína cruda, donde las bajas concentraciones de amoniaco en el rumen limitan la síntesis de proteína microbiana (Van Zijderveld *et al*., 2010).

El uso de ácidos orgánicos ha mostrado una reducción en la producción de CH_4 de hasta un 17% (Newbold *et al*., 2005). Estudios *in vitro* reportan una reducción del 38% en fermentadores continuos usando forraje como sustrato (Kolver *et al*., 2004). Por otra parte, un estudio *in vivo* realizado en ganado de carne en crecimiento reportó que no hubo diferencia en la producción de CH_4 al suplementar fumarato (Beauchemin & McGinn, 2006). El uso comercial de ácidos orgánicos es limitado en rumiantes debido a su costo, por lo que el forraje deberá de ser ofrecido como fuente de estos ácidos dicarboxílicos, aunque existe variación en su concentración en los diferentes forrajes afectado también por sus estados de madurez (Ribeiro *et al*., 2015).

Compuestos vegetales secundarios.

Los extractos botánicos o metabolitos secundarios de plantas como las saponinas, taninos, flavonoides, compuestos organoazufrados y aceites esenciales, tienen efectos antimicrobianos contra varios tipos de microorganismos (Patra, 2012a). Se ha identificado el potencial de estos compuestos para reducir la producción de CH4 por los metanógenos. Dependiendo del tipo, origen, peso molecular, dosis y tipo de dieta, la capacidad reductiva sobre el metano de estos compuestos varía significativamente (Islam & Lee, 2019).

Joch y colaboradores examinaron *in vitro* las propiedades antimetanogénicas de nueve concentraciones de los siguientes metabolitos secundarios de plantas: α-terpineol, 8-hidroxiquinoleína, acetato de bornilo, alcanfor, timoquinona, α-pineno y timol. Los resultados mostraron que estos compuestos redujeron la síntesis de CH_4, sin embargo, las concentraciones efectivas variaron entre los diferentes compuestos (Joch *et al*., 2018).

Las saponinas son glucósidos de alto peso molecular que se encuentran en una amplia variedad de arbustos y árboles tropicales (saponinas triterpenoides, saponinas de té, extracto metanol de saponinas) son los aditivos con potencial que causan una reducción significativa de la población de protozoarios en el rumen, los cuales presentan relaciones simbióticas con metanógenos, como resultado, la producción de CH_4 se reduce. Las saponinas también contribuyen a la fermentación ruminal, potenciando las poblaciones bacterianas y la productividad ruminal (Islam & Lee, 2019).

Los taninos pertenecen a una subclase de polifenoles vegetales y generalmente se clasifican según su estructura química (taninos condensados e hidrolizables), tienen el potencial de reducir las emisiones de CH_4 por los rumiantes. Los taninos ejercen su acción al inhibir directamente a los metanógenos y al reducir indirectamente la producción de H_2 disminuyendo la digestión de la fibra

en rumen y el número de protozoarios (Patra *et al*., 2012b). Las investigaciones más recientes se han centrado en evaluar fuentes de taninos concentrados en lugar de hidrolizables debido al potencial efecto tóxico de estos últimos (Beauchemin *et al*., 2020)

La mimosina es otro metabolito secundario vegetal con actividad antimetanogénica, este compuesto se puede encontrar junto con taninos condensados en la Leucaena, en donde en conjunto tienen actividad contra varios microorganismos. La mimosina, o ácido a-amino-b-(3-hidroxi-4-oxi-1,4-dihidropiridin-1-il)-propanoíco es un aminoácido no proteico libre y tóxico. La L-mimosina se describe como un antagonista del piridoxal responsable de la inhibición de la síntesis de proteínas y del crecimiento de muchas bacterias gram positivas, así como de hongos. Este aminoácido suprime la proliferación celular actuando como inhibidor de una variedad de enzimas y quelando iones metálicos bivalentes y, en consecuencia, limitando su disponibilidad para ser usados como cofactores por enzimas dependientes de iones metálicos. Altas concentraciones de mimosina en leucaena ha mostrado un incremento en la digestibilidad del alimento, una reducción en la producción de CH_4 y un efecto modulador de la fermentación ruminal. Soltan y colaboradores mencionan la posibilidad de que la mimosina estimula la acetogénesis disminuyendo así la metanogénesis (Soltan *et al*., 2017).

Los aceites esenciales, otro grupo de metabolitos secundarios de plantas, son componentes volátiles y compuestos lipofílicos aromáticos. Abarca constituyentes químicos y grupos funcionales como terpenoides, compuestos fenólicos y fenoles que poseen actividad antimicrobiana (Benchaar *et al*., 2008). Debido a su naturaleza lipofílica, tienen una alta afinidad a las membranas celulares microbianas, y al mismo tiempo, sus grupos funcionales interactúan con la membrana celular microbiana (Jouany & Morgavi, 2007). Un amplio rango de aceites esenciales derivados de ajo, tomillo, orégano, canela, ruibarbo, frángula, entre otros han demostrado su efecto antimetanogénico *in vitro* de manera dosis dependiente, sin embargo, a dosis altas este efecto se acompaña de efectos adversos como la reducción en ácidos grasos volátiles y en la digestibilidad del alimento (Busquet *et al*., 2005). Con la aplicación de aceites esenciales, decrece la metanogénesis especialmente al reducir las poblaciones microbianas (Newbold *et al*., 2004).

Sin embargo, algunos estudios han mostrado que no hay respuesta con el uso de estos aceites esenciales, lo que puede atribuirse parcialmente a la adaptación de los microorganismos, pero también al uso de dosis menores en comparación con las utilizadas *in vitro* (Bodas *et al*., 2012). El reto actual es identificar los aceites esenciales que inhiban selectivamente la metanogénesis a concentraciones que puedan ser usadas en la práctica con efectos a largo plazo y sin reducir la digestibilidad ni la productividad (Benchaar & Greathead, 2011).

Conclusión.

El crecimiento de la población mundial está íntimamente relacionado con la demanda de alimento, por lo que es inevitable un crecimiento en la población de rumiantes en consecuencia, pues la producción de carne, leche y sus subproductos serán esenciales para alimentar a esta creciente población. Sin embargo, es claro que otro suceso que acompaña a estos crecimientos poblacionales humano y animal, es el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, que en lo que respecta a los rumiantes por sus emisiones de metano, atañe fuertemente a los profesionales relacionados en su producción.

Existe una gran variedad de estrategias de mitigación como la selección genética, la manipulación de la dieta, el uso de aditivos, probióticos, defaunación, suplementación de grasas, aceites, ácidos orgánicos, metabolitos secundarios de plantas, entre otros que se encuentran en desarrollo, sin embargo, los factores relacionados a su aplicación hacen que la búsqueda de una estrategia de mitigación sostenible de aplicación universal siga en curso. Esta búsqueda deberá de tener en cuenta las tendencias actuales de reducir el uso de compuestos sintéticos antimicrobianos, y de compuestos químicos contaminantes, por lo que deberá de desarrollar opciones de mitigación biológica de bajo impacto en el ambiente y en la salud pública y animal.

Referencias.

Asanuma, N., Iwamoto, M., Kawato, M., Hino, T. (2002). Numbers of nitrate-reducing bacteria in the rumen as estimated by competitive polymerase chain reaction. *Animal Science Journal, 73(3), 199-205.*

Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., Oh, J., Dijkstra, J., Bannink, A., Bayat, A. R., Crompton, L. A., Eugéne, M. A., Enahoro, D., Kebreab, E., Kreuzer, M., McGee, M., Martin, C., Newbold, C. J., Reynolds, C. K., Schwarm, A., Shingfield, K. J., Veneman, J. B., Yáñez-Ruiz, D. R., Yu, Z. (2022). Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5°C target by 2030 but not 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(20), e2111294119.*

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M. (2006). Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *Journal of Animal Science, 84(6), 1489-1496*.

Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'Mara, F., McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 21-27.*

Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Eckard, R. J., Wang, M. (2020). Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal, 14(S1), s2-s16*.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A. (2008). Areview of plant- derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed and Technology, 145(1-4), 209-228*.

Beenchar, C., Greathead, H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology, 166-167, 338-355*.

Berghuis, B. A., Yu, F. B., Schulz, F., Blainey, P. C., Woyke, T., Quake, S. R. (2019). Hydrogenotrophic methanogenesis in archaeal phylum Verstraetearchaeota reveals the shared ancestry of all methanogens. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 201815631*.

Boadi, D.A., Wittenberg, K. M., Scott, S. L., Burton, D., Buckley, K., Small, J.A., Ominski, K. H. (2004). Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. *Canadian Journal of Animal Science, 84(3), 445-453.*

Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plants secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology, 176(1-4), 78-93*.

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M. D., Kamel, C. (2005). Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science, 88(12), 4393-4404*.

Cardona-Iglesias, J. L., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. (2016). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana, 28(1), 273-288*.

Carnachan, S. M., Bell, T. J., Hinkley, S. F. R., Sims, I. M. (2019). Polysaccharides from New Zealand Native Plants: A Review of Their Structure, Properties, and Potential Applications. *Plants, 8(6), 163*.

Castillo, C., Benedito, J. L., Méndez, J., Pereira, V., López-Alonso, M., Miranda, M., Hernández, J. (2004). Organic acids as a substitute for monensin in diets for beef cattle. *Animal Feed Science and Technology, 115(1-2), 101-116*.

Chow, J. M., Van Kessel, J. S., Russell, J. B. (1994). Binding of radiolabeled monensin and lasalocida to ruminal microorganisms and feed. *Journal of Animal Science, 72, 1630-1635.*

Congio, G. F. de S., Bannink, A., Mayorga Mogollón, O. L., Hristov, A. N., Jaurena, G., Gonda, H., Tieri, M. P. (2021). Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production, 312, 127693.*

FAO. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Disponible en línea: https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Motter, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013). Talking climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ISBN:9789251079201.

Glasson, C. R. K., Kinley, R. D., De Nys, R., King, N., Adams, S. L., Packer, M. A., Svenson, J., Eason, C. T., Magnusson, M. (2022). Benefits and risks of including the bromoform containing seaweed Asparagopsis in feed for the reduction of methane production from ruminants. Algal Research, 64, 102673.

Guan, H., Wittenberg, K. M., Ominski, K. H., Krause, D. O. (2006). Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. *Journal of Animal Science, 84(7), 1896-1906.*

Guffanti, A. A., Davidson, L. F., Mann, T. M., Krulwich, T. A. (1979). Nigericin-induced death of an acidophilic bacterium. *Journal of General Microbiology, 114(1), 201-206*.

Guo, W. S., Schaefer, D. M., Guo, X. X., Ren, L. P., Meng, Q. X. (2009). Use of Nitrate-nitrogen as a Sole Dietary Nitrogen Source to Inhibit Ruminal Methanogenesis and to Improve Microbial Nitrogen Synthesis *In vitro*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 22(4), 542-549*.

Islam, M., Lee, S. (2019). Advanced estimation and mitigation strategies: a cumulative approach to enteric methane abatement from ruminants. *Journal of Animal Science and Technology, 61(3), 122-137.*

Janssen, P. H., Kirs, M. (2008). Structure of the Archaeal Community of the Rumen. *Applied and Environmental Microbiology, 74(12), 3619-3625.*

Joch, M., Mrazek, J., Skrivanova, E., Cermak, L., Marounek, M. (2018). Effects of pure plant secondary metabolites on methane production, rumen fermentation and rumen bacteria populations in vitro. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102(4), 869-881*.

Johnson, K. A., Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science, 73(8), 2483-2492.*

Jouany, J. P., Morgavi, D. R. (2007). Use of 'natural' products as alternative to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal, 1, 1443-1466*.

Knapp, J.R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., Tricarico, J. M. (2014). Invited Review: Enteric methane in dairy cattle Production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science, 97(6), 3231-3261.*

Kolver, E. S., Aspin, P. W., Jarvis, G. N., Elborough, K. M., Roche, J. R. (2004). Fumarate reduces methane production pasture fermented in continuous culture. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 64, 155-159*.

Kumar, S., Choudhury, P. K., Carro, M. D., Griffith, G. W., Dagar, S. S., Puniya, M., Calabro, S., Ravella, S. R., Dhewa, T., Upadhyay, R. C., Sirohi, S. K., Kundu, S. S. (2014). New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. *Applied Microbiology and Biotechnology, 98(1), 31-44.*

Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Green, A., Warner, D. J., Stedman, A., Naseby, D. (2013). Review of substances/agents that have direct beneficial effect on the environment: mode of action and assessment of efficacy*. EFSA Supporting Publication., 10:440E*.

McAllister, T. A., Okine, E. K., Mathison, G. W., Cheng, K. J. (1996). Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science, 76(2), 231-243*.

McAllister, T. A., Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 7-13.*

McCauley, J. I., Labeeuw, L., Jaramillo-Madrid, A. C., Nguyen, L. N., Nghiem, L. D., Chaves, A. V., Ralph, P. J. (2020). Management of Enteric Methanogenesis in Ruminants by Algal-Derived Feed Additives. *Current Pollution Reports*.

McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Coates, T., Colombatto, D. (2004). Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science, 82(11), 3346-3356.*

McGuffey, R. K., Richardson, L. F., Wilkinison, J. I. D. (2001). Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science, 84, E194-203.*

Min, B. R., Wright, C., Ho, P., Eun, J. S., Gurung, N., Shange, R. (2014). The Effect of Phytochemical Tannins-Containing Diet on Rumen Fermentation Characteristics and Microbial Diversity Dynamics in Goats Using 16S rDNA Amplicon Pyrosequencing. *Agriculture, Food and Analytical Bacteriology, 4, 195-211.*

Moss, A. R. (1994). Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for estimating

methane potential of diets. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and Feeding, 64(12), 785-806.*

Nagajara, T. G., Newbold, C. J., Van Nevel, C. J., Demeyer, D. I. (1997). Manipulation of ruminal fermentation. En: Hobson PN. Stewart CS, editors. The rumen microbial ecosystem. London: Blackie Academic & Professional; p.523-632.

Newbold, C. J., el Hassan, S. M., Wang, J., Ortega, M. E., Wallace, R. J. (1997). Influence of foliage from Africa multipurpose trees on activity of rumen protozoa and bacteria. *British Journal of Nutrition, 78(2), 337-249*.

Newbold, C. J., López, S., Nelson, N., Ouda, J. O., Wallace, R. J., Moss, A. R. (2005). Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation in vitro. *British Journal of Nutrition, 94(1), 27-35*.

Newbold, C. J., McIntosh, F. M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R. J. (2004). Effects of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology, 114(1-4), 105-112*.

Odongo, N. E., Bagg, R., Vessie, G., Dick, P., Or-Rashid, M. M., Hook, S. E., Gray, J. T., Kebreab, E., France, J., McBride, B. W. (2007). Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 90(4), 1781-1788.*

O'Kelly, J. C., Spiers, W.G. (1992). Effect of monensin on methane and heat production of steers fed lucerne hay either ad libitum or at the rate of 250 g/hour. *Australian Journal of Agricultural Research, 43, 1789-1793.*

Patra, A. K. (2012a). An overview of antimicrobial properties of different classes of phytochemicals. *Dietary Phytochemicals and microbes,1-32*.

Patra, A. K. (2012b). Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. *Environmental Monitoring and Assessment, 184, 1929-1952*.

Pressman, B. B. (1976). Biological applications of ionophores. *Annual Review of Biochemistry, 45, 501-530.*

Puchala, R., Animut, G., Patra, A. K., Detweiler, G. D., Wells, J. E., Varel, V. H., Sahlu, T., Goetsch, A. L. (2012). Methane emissions by goats consuming Sericea lespedeza at different feeding frequencies. *Animal Feed Science and Technology, 175(1-2), 76-84*.

Ramírez-Restrepo, C. A., Barry T. N. (2005). Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology, 120(3-4), 179-201*.

Ribeiro, P. L. G., Machado, F. S., Campos, M. M., Guimaraes, J. R., Tomich, T. R., Reis, L. G., Coombs, C. (2015). Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 28, 124-143.

Rigby, M., Muhle, J., Miller, B. R., Prinn, R. G., Krummel, P. B., Steele, L. P., Fraser, P. J., Salameh, P.K., Harth, C. M., Weiss, R. F., Greally, B. R., O'Doherty, S., Simmonds, P.G., Vollmer, M. K., Reimann, S., Kim, J., Kim, K. -R., Wang, H. J., Olivier, J. G. J., Dlugokencky,

E. J., Dutton, G. S., Hall, B. D., Elkins, J.W. (2010). History of atmospheric SF_6 emissions from 1973 to 2008. *Atmospheric Chemistry and Physics, 10(21), 10305-10320.*

Russell, J. B., Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology, 55(1), 1-6.*

Saminathan, M., Sieo, C. C., Gan, H. M., Abdullah, N., Wong, C. M. V. L., Ho, Y. W. (2016). Effects of condensed tannin fractions of different molecular weights on population and diversity of bovine rumen methanogenic archaea in vitro, as determined by high throughput sequencing. *Animal Feed Science and Technology, 216, 146-160*.

Sauer, F. D., Fellner, V., Kinsman, R., Kramer, J. K. G., Jackson, H. A., Lee, A. J., Chen, S. (1998). Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *Journal of Animal Science, 76(3), 904-914*.

Shibata, M., Terada, F. (2010). Factor affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Science Journal, 81, 2-10.*

Soltan, Y. A., Morsy, A. S., Lucas, R. C., Abdalla, A. L. (2017). Potential of mimosine of *Leucaena leucocephala* for modulating ruminal nutrient degradability and methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology, 223, 30-41*.

Tamminga, S., Bannik, A., Dijkstra, J., Zom, R. L. G. (2007). Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Lelystad: Animal Sciences Group; 2007. Report No.:34.

Tavendale, M. H., Meagher, L. P., Pacheco, D., Walker, N., Attwood, G. T., Sivakumaran, S. (2005). Methane production from in vitro rumen incubations with Lotus pedunculatus and Medicago sativa, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology, 123-124, 403-419*.

Ugbogu, E.A., Elghandour, M. M. M. Y., Ikpeazu, V. O., Buendía, G. R., Molina, O. M., Arunsi, U. O., Emannuel, O., Salem, A. Z. M. (2019). The potential impacts of dietary plant natural products on the sustainable mitigation of methane emission from livestock farming. *Journal of Cleaner Production, 213, 915-925*.

Ungerfeld, E. M., Rust, S. R., Burnett, R. (2007). Increases in microbial nitrogen production and efficiency in vitro with three inhibitors of ruminal methanogenesis. *Canadian Journal of Microbiology, 53(4), 496-503.*

United Nations Environment Programme and Climate and Clean Air Coalition. Global methane assessment: benefits and costs of mitigating methane emissions. Nairobi: United Nations Environment Programme; 2021.

Van Zijderveld, S. M., Gerrits, W. J. J., Apajalahti, J. A., Newbold, J. R., Dijkstra, J., Leng, R. A., Perdok, H. B. (2010). Nitrate and sulfate: Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. *Journal of Dairy Science, 93(12), 5856-5866*.

Watanabe, Y., Suzuki, R. Koike, S., Nagashima, K., Mochizuki, M., Forster, R. J., Kobayashi, Y. (2010). *In vitro* evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent of ruminants. *Journal of Dairy Science, 93(11), 5258-5267*.

Zhao, Y., Zhao, G. (2022). Decreasing ruminal methane production through enhancing the sulfate reduction pathway. *Animal Nutrition, 9, 320-326*.

Zimmerman, P. R. (1993). System for measuring metabolic gas emissions from animals. *United States Patent US 5,265,618. 30*.

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES CON EFECTO INVERNADERO DE UNA PRODUCCIÓN EN EL ALTIPLANO POR PRODUCIR 1 KILO DE LECHE

[*]Miranda M.E., Carrisoza U.I., Wingartz O.A., Ortega M.M.

Resumen

Los gases con efecto invernadero (GEI), como el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), generados por el sector ganadero van en aumento año tras año, contribuyendo al calentamiento global. Se estima que para el 2030 las emisiones del sector agropecuario en México lleguen a 122 Megatoneladas de CO_2 eq[†]. En este contexto, la producción de leche contribuye con 18.8% de las emisiones de la ganadería. Para estimar las emisiones de GEI es necesario utilizar herramientas que permitan visualizar el posible daño ocasionado por diferentes manejos dentro de las unidades de producción. El objetivo del proyecto fue calcular las emisiones de GEI que se generan al producir 1 kilogramo de leche corregido por 4.3% de grasa y 3.3% de proteína en una unidad de producción de leche en el altiplano mexicano. Para ello se utilizó la metodología desarrollada por el Panel Intergubernamental de expertos del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Como resultado se obtuvo una emisión de 1.83 kg CO_2 eq / kg leche, que al ser comparado por otras fuentes se consideró como un valor alto. Al evaluar las fuentes de emisión estudiadas, la fermentación entérica se distinguió de las demás por tener un valor elevado, siendo el 76% generado por la etapa de vacas productoras; se encontró un Factor de Emisión (FE) alto (127 kg de CH_4 en este estudio) con respecto al valor de referencia que reporta el IPCC[‡] (93 kg de CH_4 por cabeza al año). Esta diferencia se debió a los distintos valores en la digestibilidad de la dieta suministrada siendo un 62% en la dieta del estudio, mientras que el valor de referencia por el IPCC[§] se encontraba en 77%. Esto concuerda con el estudio de Bente Aby y colaboradores (2019[**]) los cuales reportan que a mayor digestibilidad las emisiones de metano ruminal eran menores. Por otro lado, se analizó el porcentaje de fertilidad del hato del estudio considerándose como un valor bajo (30.6%) teniendo en cuenta el valor de referencia para estos animales con un 60%[††]. Al tener baja fertilidad hay un aumento en los días abiertos (152 en este estudio) y en los de producción láctea (358 en este estudio); para ello al aumentar la tasa de fertilidad se reducen los días abiertos (85-100 días como ideal) y días de producción (305) conduciendo al aumento en la cantidad de kg de leche producidos. Esta estrategia está enfocada en reducir la intensidad de emisiones (kg CO_2 eq/kg de leche) pero no las emisiones totales. De tal manera que busca la eficiencia productiva al emitir menos GEI por kg de leche.

Introducción

La ganadería es una fuente de emisiones de gases con efecto invernadero (GEI)[‡‡], por lo cual en las últimas décadas se han realizado estudios cuyo enfoque es disminuir las emisiones que se generan.

[*] *Edith Miranda Martínez. Garambullo #3, Colonia: Vistahermosa, CP: 76750, Tequisquiapan, Qro. mvz.emiramar@gmail.com, 5545423614.

[†] (SEMARNAT & INECC, 2022)
[‡] (IPCC, 2019)
[§] (IPCC, 2019)
[**] (Aby, et al., 2019)
[††] (Gasque Gomez, 2008)
[‡‡] (Steinfeld, 2009)

En este contexto, los GEI de la ganadería se producen por la fermentación entérica, al generar metano durante la digestión y fermentación de los alimentos; y el manejo de excretas, que libera metano y óxido nitroso[*].

Durante el 2019, en México, el sector pecuario generó 109,830 Gg de CO_2eq, de las cuales casi el 20% correspondió a la producción de leche, cuyo inventario ganadero va en aumento[†]. Ante las emisiones actuales y la proyección de crecimiento del sector, surge la necesidad de implementar estrategias para reducir el impacto ambiental de la producción de leche, para lo cual debemos partir de las emisiones iniciales y posteriormente evaluar el alcance de reducción de emisiones de diferentes alternativas.

Para cuantificar las emisiones de GEI, el IPCC, ha establecido lineamientos específicos que permiten estimar la cantidad de metano y óxidos nitrosos provenientes de la actividad pecuaria. En dichos lineamientos, se contabilizan las emisiones por fermentación entérica y manejo de excretas correspondientes a un año, posteriormente, los gases emitidos son convertidos a su equivalente en dióxido de carbono (CO_2) para incluirlos dentro de una sola categoría[‡]. De esta manera, se estiman los kilogramos de CO_2 equivalente (kg CO_2 eq) emitidos por año. Con esta metodología diversos autores han calculado las emisiones generadas al producir 1kg de leche, cuya composición ha sido estandarizada en 4.3% de grasa y 3.3% de proteína, reportando desde 0.7 hasta 2 kgCO_2eq por kg de leche. Estas caracterizaciones han fungido como preámbulo para posteriormente evaluar el impacto de diferentes estrategias de mitigación.

En el presente estudio, nuestro objetivo fue estimar las emisiones de CO_2 eq que se generan al producir 1 kg de leche en una unidad de producción en el Altiplano mexicano para determinar las principales fuentes de emisión y con ello promover que las estrategias de mitigación de emisiones sean orientadas hacia dichas áreas de oportunidad.

Material y métodos

El presente trabajo se realizó en un hato de bovinos productores de leche ubicado en el municipio de Tequisquiapan, Qro. Este municipio es de clima templado con una temperatura media anual de 17.5º y precipitación de 511.8 mm.

Se consideraron 4 años de registros zootécnicos para caracterizar la unidad de producción, posteriormente fue ajustada a un año. Se consideraron solo emisiones directas, incluyendo fermentación ruminal y manejo de excretas.

- Características:

En la unidad de producción se contaba con vacas de las razas Holstein, Jersey y cruza de ambas clasificadas en las siguientes etapas productivas: lactancia, crecimiento, desarrollo, vacas productoras, vaquillas gestantes y vacas secas. Estas se diferenciarán por la edad, el peso, dieta y estado reproductivo.

Se obtuvo el número total de población de hembras en los últimos cuatro años, y se calculó un promedio de estos mismos en un año, mostrados en el Cuadro 1.

[*] (SEMARNAT & INECC, 2022)
[†] (SEMARNAT & INECC, 2022)
[‡] (IPCC, 2019)

Cuadro 6. Población de animales en la unidad de producción

Etapa	Población en 4 años	Población en un año
Lactancia	117	29
Crecimiento	114	28
Desarrollo	112	28
Vaquillas gestantes	83	21
Productoras	390	98
Vacas secas	214	53

El promedio de días de producción de leche en el hato fue de 358, con una producción diaria promedio por vaca de 11.8 kilos. La producción de leche anualizada para todo el hato fue de 289,011.25 kilos, sin embargo, para estandarizar la leche como producto con respecto a otras producciones, se corrigió el contenido de proteína y grasa a 3.3% y 4.3% respectivamente. Obteniendo una producción de 302,274.92 kilos de leche corregida por hato por año.

Además de la producción de leche, los parámetros que se obtuvieron se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 7. Parámetros dentro de la unidad de producción

Parámetros	
Fertilidad	30.62%
Días en secado	68
Días en leche	358
Intervalo entre partos	14 meses
Días abiertos	152

- Alimentación:

El alimento de las etapas consistió en:

-Lactancia: leche, paca de alfalfa y alimento balanceado.

-Crecimiento: paca de alfalfa y alimento balanceado.

-Desarrollo: paca de alfalfa y alimento balanceado.

-Vaquillas gestantes y vacas secas: pastoreo en predios de alfalfa.

-Productoras: pastoreo en predios de alfalfa y complemento en corral con paca de alfalfa, ensilado de maíz y alimento balanceado.

A continuación, se observa el consumo promedio de materia seca por cabeza al día en cada etapa empleado en los últimos cuatro años, así como las características nutricionales que aporta cada ingrediente (algunos datos fueron obtenidos por estudios AQP proporcionados en el módulo):

Cuadro 8. Características de la dieta por cabeza al día

Características en la dieta por etapas						
	CMS (kg)	EB (MJ)	ED (MJ)	EM (MJ)	Kg N	% Ceniza
Lactancia	1.61	3.66	2.66	2.18	0.065	5.6
Crecimiento	7.13	26.93	18.8	15.42	0.153	13.89
Desarrollo	3.75	14.15	10.07	8.25	0.066	14.02
Vaquillas Gx y Secas	15.11	60.13	40.64	33.32	0.434	10.86
Productoras	18.48	71.19	50.03	41.02	0.349	2.23

CMS: Consumo de materia seca; EB: Energía bruta; MJ: Mega joules; ED: Energía digestible; EM: Energía metabolizable; N: Nitrógeno

- Manejo de excretas:

El manejo de excretas se realizó de manera distinta dependiendo la etapa productiva. Para el caso de la lactancia, crecimiento y desarrollo, los animales se encontraban en confinamiento, donde el 100% de las excretas fueron depositadas en corral y posteriormente almacenadas en un estercolero.

Por otro lado, las vaquillas gestantes y vacas secas se encontraban en pastoreo todo el día, por lo tanto, se consideró un manejo de excretas de distribución en los potreros.

Por último, para las vacas en producción hubo cuatro formas de gestionar las excretas: por golpe de agua en la sala de ordeña, esto dos veces al día y de los cuales se almacenan en una fosa líquida, almacenamiento en estercolero, almacenamiento en el corral (estos dos últimos considerando el corto tiempo de estancia en un corral) y por último manejo de excretas por distribución en los potreros la mayor parte del tiempo.

- Cálculo para estimación de gases con efecto invernadero.

Para este proyecto fueron consultados los capítulos 10 *Emisiones resultantes de la gestión de ganado y estiércol* y 11 *Emisiones de óxido nitroso de los suelos gestionados* de la directriz No. 4 reportado por el IPCC. El primero para estimar la cantidad de CH_4 producido por fermentación entérica y manejo de excretas y el segundo para estimar la cantidad de Óxido Nitroso N_2O directo e indirecto emitido por el manejo de excretas.

Para este estudio se consideraron las equivalencias de CO_2 para metano y óxido nitroso de 27 y 273 respectivamente, de las cuales son mencionadas en el sexto reporte del IPCC.*

Resultados

Las emisiones de GEI por año fueron de 554,287.26 kg CO_2 eq (Dióxido de carbono equivalente) de los cuales el 77% provino del metano producido durante la fermentación entérica, siendo esta la principal categoría de emisión. El restante 23% de emisiones fue generado por el manejo de excretas (12% por metano y 11% por óxido nitroso) (consultar cuadro 4). Al desglosar los resultados de manera más específica, por etapa productiva, observamos que de la fermentación entérica casi el 77% provino de las vacas en producción (Cuadro 3).

* (IPCC, 2022)

Cuadro 9. Emisiones totales

Emisor	Kg CO_2 eq totales	%
CH_4 FE	428,007.22	77.22
CH_4 ME	66,453.12	11.99
N_2O D-I	59,826.91	10.79
TOTAL	**554,287.26**	**100**

FE: Fermentación entérica; ME: Manejo de excretas; D-I: Directo-Indirecto

De manera más específica, al examinar los resultados de las emisiones de metano por Fermentación Entérica se muestra que la etapa de vacas productoras es el de mayor impacto con 328,202.68 kg, esto significa que cada vaca tiene un factor de emisión de 127 kg de CH_4 por cabeza al año.

Cuadro 10. Emisiones de metano por fermentación entérica

ETAPA	Kg CO_2 eq hato/año	%
Lactancia	925.43	0.22
Crecimiento	13,263.60	3.10
Desarrollo	16,618.27	3.88
Vaquillas gestantes	37,729.32	8.82
Productoras	328,202.68	76.68
Vacas secas	31,267.93	7.31
TOTAL	**428,007.22**	**100**

Con respecto a las emisiones por manejo de excretas mostradas en el Cuadro 6 se observa un total de 126,280. 04 kg CO_2 eq emitidos con la suma de metano y óxido nitroso. El mayor emisor proviene de igual modo de las vacas en producción emitiendo 104,061.74 kg de CO_2 eq, que representa un 82.41%, mientras que el 17.59% restante se reparte en las demás etapas.

Cuadro 11. Emisiones de metano y óxido nitroso por manejo de excretas

ETAPA	Kg de metano (CO_2 eq) hato/año	Kg de óxido nitroso (CO_2 eq) hato/año	Kg CO_2 hato/año	%
Lactancia	54.95	454.99	509.93	0.40
Crecimiento	474.11	3,930.08	4,404.19	3.49
Desarrollo	753.51	2,744.54	3,498.05	2.77
Vaquillas gestantes	372.84	7,176.68	7,549.51	5.98
Productoras	64,488.73	39,573.01	104,061.74	82.41
Vacas secas	308.98	5,947.62	6,256.61	4.95
TOTAL	**66,453.12**	**59,826.91**	**126,280.04**	**100**

Por último, al asignar las emisiones a la producción total de leche, obtuvimos los kg CO_2 eq producidos por kg de leche mostrados en el Cuadro 7.

Cuadro 12. Total CO2 eq por kg de leche

Total kg CO2 eq	554,287.26
Kg leche corregida hato/año	302,274.92
TOTAL CO2 eq /kg leche hato/año	**1.83**

Discusión y conclusiones.

La intensidad de emisiones obtenida en este estudio (1.83 kg CO_2 eq / kg leche) es similar a lo reportado por Pozo Leyva y colaboradores en el 2022[*], quienes estimaron 2 kg CO_2 eq / kg leche en vacas en pastoreo con suplementación, sin embargo, considerando fuentes de otros países las emisiones de este estudio son altas, ya que en España[†] y en Nueva Zelanda[‡] reportaron emisiones de 1.2 kg y 0.7 CO_2 eq, respectivamente con un sistema similar.

Al evaluar las fuentes de emisión en el presente estudio, encontramos que la principal fue la fermentación entérica con un total de 428,007.22 kg CO2 eq de emisiones al año, del cual el 76% fue emitido por la etapa de vacas en producción. Al buscar la causa se encontró un Factor de Emisión (FE) alto, con un valor de 127 kg de CH_4 por animal al año, cuando el IPCC[§] reporta un valor de referencia de 93, en animales cuyas características son similares. Esta diferencia se debe a que en la referencia del IPCC la dieta tenía 77% de digestibilidad, mientras que la de este estudio fue de 62%. Esto concuerda con los hallazgos de Bente Aby y colaboradores (2019)[**], donde estudiaron la digestibilidad en las dietas de ensilado de pasto con diferentes etapas de madurez. Encontraron que cuando el forraje suministrado tenía mayor digestibilidad las emisiones de metano ruminal eran menores. Por lo tanto, sería pertinente evaluar en este hato el efecto de aumentar la digestibilidad de la MS sobre las emisiones totales de GEI.

Por otro lado, la fertilidad del hato evaluado en este estudio fue baja (30.6%), pues el valor de referencia para estos animales es del 60%[††]. Al tener baja fertilidad hay un aumento en los días abiertos del hato (152 en este estudio) y en los días de producción láctea (358 en este estudio), con lo cual la productividad total del hato se considera baja. Por ello, otra alternativa que proponemos sea evaluada es el aumento en la tasa de fertilidad, reduciendo los días abiertos (85-100 días como ideal[‡‡]) y días de producción (305[§§]). Conduciendo al aumento en la cantidad de kg de leche producidos. Esta estrategia está enfocada en reducir la intensidad de emisiones (kg CO_2 eq/kg de leche) pero no las emisiones totales. De tal manera que busca la eficiencia productiva al emitir menos GEI por kg de leche.

Bibliografía

- Aby, B. A., Randby, A. T., Bonesmo, H. & Aass, L., 2019. Impact of grass silage quality on greenhouse gas emissions from dairy and beef production. WILEY, Issue 74, pp. 525-534.
- Andrade Chacon, D. S. & Rubio Lozano, M. S., 2021. Nociones básica para entender la relación entre la producción de carne y la sustentabilidad ambiental, Ciudad de méxico: Nacameh.
- Avlia Ramirez , D. N. y otros, 2017. Prácticas de producción y aprovechamiento de forrajes, Ciudad de México: Comité Editorial de la FMVZ.
- Chandan, R. C., Kilara, A. & Shan, N. P., 2008. Dairy Processing & Quality Assurance. 1ª ed. Iowa: Wiley-blackwell.
- CONABIO, CONANP, NACIONAL, C. & UNIDAS, N., 2022. Exposición: TIC TOC. CDMX: Museo de Memoria y Tolerancia.

[*] (Pozo Leyva, et al., 2022)
[†] (Doltra, et al., 2018)
[‡] (Ledgard, et al., 2019)
[§] (IPCC, 2019)
[**] (Aby, et al., 2019)
[††] (Gasque, 2008)
[‡‡](Gasque Gomez, 2008)
[§§] (Gasque Gomez, 2008)

- Doltra, J. y otros, 2018. Forage management to improve on-farm feed production, nitrogen fluxes and greenhouse gas emission from dairy systems in a wet temperate region. ELSEVIER, Issue 160, pp. 70-78.
- Eurofins, 2021. Análisis de ciclo de vida (ACV): qué es y para qué sirve. [En línea] Available at: https://envira.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida/ [Último acceso: 10 marzo 2022].
- FAO, 2013. Takling climate change through livestock. Rome: FAO.
- FAO, s.f. Modelo de evaluación ambiental de la ganadería mundial (GLEAM). [En línea] Available at: https://www.fao.org/gleam/results/es/ [Último acceso: 6 marzo 2023].
- Galicia Naranjo, A. y otros, 2021. Estimación de las emisiones de los gases de efecto invernadero provenientes del ganado en México, 1990-2018. Revista internacional de estadística y geografía, 12(3), pp. 114-123.
- Gasque Gomez, R., 2008. Enciclopedia bovina. Primera edición ed. Ciudad de México: Comité editorial de la FMVZ.
- IDF, 2015. A common carbon footprint approach for the dairy sector, Bélgica: s.n.
- INAFED, s.f. INAFED. [En línea] Available at: http://www.snim.rami.gob.mx/enciclopedia_v2/PruebaPropuesta.php?id=1839&tipo=m&e=22&m=17 [Último acceso: 30 Agosto 2022].
- IPCC, 2013. Ficha informativa del IPCC. [En línea] Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/FS_what_ipcc_es.pdf [Último acceso: Diciembre 2022].
- IPCC, 2019. Chapter 10: emissions from livestock and manure managment. En: Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. s.l.:IPCC.
- IPCC, 2019. Chapter 11: N2O emissions from managed soils and CO2 emmissions from lime and urea application. En: Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. s.l.:IPCC.
- IPCC, 2022. Climate change 2022: Mitigation of climate change (sixth assesment report), s.l.: s.n.
- Jia, P. y otros, 2022. Characterization and mitigation option of greenhouse gas emissions from lactacting Holstein dairy cows in East China. Journal of Animal Science and biotechnology, Issue 13, p. 88.
- Ledgard, S. F. y otros, 2019. Nitrogen and carbon footprints of dairy farm systems in China and New Zealand, as influenced by productivity, feed sources and mitigations. ELSEVIER, Issue 213, pp. 155-163.
- Molina, M., Sarukhan, J. & Carabias, J., 2017. El cambio climático: causas, efectos y soluciones. 1ª edición ed. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Nijdam, D., Rood, T. & Westhoek, H., 2012. The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. ELSEVIER, Issue 37, pp. 760-770.
- Pozo Leyva, D. y otros, 2022. Utilización de nitrógeno y emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 25(130).
- SEMARNAT & INECC, 2022. Contribución determinada a nivel nacional: actualización 2022, Ciudad de México: s.n.
- Steinfeld, H., 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. Roma: FAO.
- Unidas, N., s.f. Naciones Unidas. [En línea] Available at: https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change
- Vargas Del Angel, I. E. y otros, 2019. Huella ecológica, huella hídrica y voracidad de la ganadería bovina indistrial vs sistemas agroecológicos en América Latina, s.l.: Global Forest Coalition.

Tips y Comunicaciones cortas

RELACIÓN ENTRE ANALITOS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS Y GRASA/PROTEÍNA DE LECHE EN CABRAS SAANEN Y NUBIA DE LOS ASMOLES, COLIMA

[*]García C.A.C., Valencia M.F., Prado R.O.F., Hernández R.J.A

Resumen
El objetivo de este proyecto fue evaluar a través de un estudio transversal, la relación entre diferentes perfiles metabólicos y la producción de grasa y proteína de leche, en cabras Saanen y Nubia de los Asmoles, Colima. Se calcularon valores medios para: i) grasa láctea, proteína láctea, relación grasa/proteína láctea, ii) perfil energético-lipídico: glucosa (**GLU**), colesterol (**COL**), ácidos grasos no esterificados (**AGNE**), triacilgliceroles (**TAG**) y β-hidroxibutirato (**β-HBA**), iii) perfil proteico: nitrógeno ureico (**UREA**), albúmina (**ALB**), globulina (**GLOB**) y proteína total (**PROT-T**), y iv) perfil mineral-electrolítico: ion calcio (**Ca^{2+}**), fosfato inorgánico (**P*i***), ion sodio (**Na^{+}**), ion potasio (**K^{+}**), ion magnesio (**Mg^{2+}**) e ion cloruro (**Cl^{-}**). La concentración de grasa láctea, proteína láctea, relación grasa/proteína láctea y analitos bioquímicos sanguíneos es consistente con los valores reportados en la literatura internacional para cabras. Sin embargo, entre las cabras Saanen y las cabras Nubia, todos los analitos excepto ALB y β-HBA mostraron diferencias raciales. Las tres variables lácteas registraron una mayor concentración en las cabras Nubias. En ambas razas, la comparación entre grupos (alta producción, baja producción y período seco), mostró diferencias en COL y β-HBA, con los valores más bajos durante el período seco. Se cuantificó una correlación negativa entre GLU y AGNE. Se cuantificaron correlaciones positivas entre AGNE con COL, TAG y β-HBA, entre Ca^{2+} con Na^{+} y entre K^{+} con Na^{+} y Mg^{2+}. La grasa láctea se correlacionó con COL, AGNE y β-HBA. La proteína láctea se correlacionó con UREA y se identificó una dependencia lineal entre la relación grasa/proteína láctea con COL y β-HBA. Los resultados brindan información sobre las adaptaciones metabólicas de la lactancia e identifican vínculos entre los analitos clave y el contenido de proteína y grasa en leche de cabra.

Introducción
La leche de cabra se ha posicionado como un elemento importante de la alimentación humana (Bauman et al., 2006). Su relevancia nutricional radica fundamentalmente en dos componentes: i) la fracción lipídica, formada por ácidos grasos (Harvatine et al., 2009) y ii) la fracción proteica, donde se distinguen las caseínas, las proteínas del lactosuero y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (Swaisgood, 2003). Las actuales tendencias en producción y consumo de leche, favorecen la concentración lipídica y proteica sobre la cantidad de L o kg de leche producidos (Manterola, 2011), atendiendo los hábitos alimenticios de una creciente población urbana (Vidal, 2013). Las empresas captadoras de leche de cabra, destinan este producto principalmente a la elaboración de quesos (National Chamber of Industrial Milk, 2021). Por esta razón, es necesario incrementar nuestra comprensión sobre el metabolismo energético, lipídico, proteico, y mineral (Heid and Keenan, 2005; Kumar et al., 2009; García et al., 2014), a partir de mediciones hematoquímicas que permitan entender con mayor claridad las correlaciones bioquímicas involucradas en la síntesis de la grasa y la traducción de proteína de la leche de cabra. Este método fue definido en la década de los setenta como perfil metabólico (Payne, 1972; Payne et al., 1973; Payne et al., 1974). Sin embargo, en México, su manejo es muy limitado, en consecuencia, la información sobre diferentes analitos bioquímicos relacionados con la repartición de energía y con los principales solidos lácteos sea inexistente. En consecuencia, esta investigación busca establecer valores de referencia para diferentes analitos bioquímicos, en cabras Saanen y Nubia de los Asmoles, Colima que consideren: i) el perfil energético-lipídico: GLU, COL, AGNE, TAG y β-HBA, ii) el perfil proteico: UREA, ALB, GLOB y PROT-T, y iii) el perfil mineral-electrolítico: Ca^{2+}, P_i, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+} y Cl^{-}. Posteriormente, se

[*] *Arturo César García Casillas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima. Av. Universidad No. 333, Las Víboras, CP. 28040 Colima, Colima. cesargarciacasillas@hotmail.com, Teléfono: (55) 67477998.

plantea identificar ajustes en la concentración de los diferentes analitos bioquímicos, como respuesta a la producción de grasa y proteína de leche de cabra. Para obtener correlaciones bioquímicas que detallen el proceder de la grasa y la proteína láctea, en función de los perfiles metabólicos de sus cabras.

Material y Métodos

Animales

Todos los procedimientos utilizados fueron aprobados por la Comisión de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima (Acta de evaluación: No. 2/2021). Un estudio transversal se llevó a cabo con sueros sanguíneos de 66 cabras (33 Saanen y 33 Nubia), pertenecientes a la Asociación de Caprinocultores del Estado de Colima. Todos localizados en los Asmoles, Colima, en las coordenadas geográficas 19° 01′ 32.48″ N y 103° 47′ 37.82″ W (Figura 1), a una altitud de 350 m s. n. m., temperatura promedio de 25.6 °C, precipitación promedio de 962.3 mm (National Institute of Statistic and Geography, 2017), y un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Köppen Aw) (Peel et al., 2007; Gallou et al., 2019).

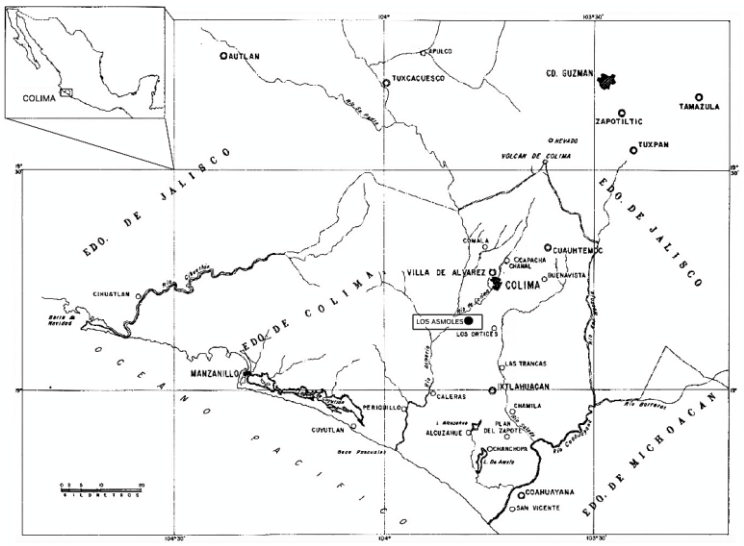


Figura 1. Localización de los Asmoles, Colima.

El tamaño de muestra se determinó por el siguiente método:

$$n = \frac{Z^2 \ pq \ N}{NE^2 \ + \ Z^2 \ pq}$$

Donde:
n = tamaño de la muestra;
E = Error estándar de 0.08;
Z = Nivel de confianza (90%) 1.645;
p = Variabilidad positiva;
q = Variabilidad negativa; y
N = Tamaño de la población.

Sustitución:
n = ¿?
E = 0.08
Z = 1.645
p = 0.5
q = 0.5
N = 176 cabras (88 Saanen y 88 Nubia)

$$n = \frac{(1.645^2)\ (0.5)\ (0.5)\ (176)}{(176)\ (0.08^2) + (1.645^2)\ (0.5)\ (0.5)} = \frac{119}{1.80} = 66.1 \text{ cabras}$$

$$\frac{66}{2\ (Saanen\ y\ Nubia)} = 33 \text{ cabras por raza lechera}$$

Como la máxima producción de leche se alcanza entre las 8 y 12 semanas después del parto, y durante la semana 21 disminuye entre un 25% y un 50%. Las 66 cabras (33 Saanen y 33 Nubia), clínicamente sanas (confirmación por biometría hemática) y con dos partos, fueron muestreadas en tres grupos: i) 22 cabras de alta producción [90 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 3.0 ± 1.0 L/d], ii) 22 cabras de baja producción [240 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 1.0 ± 0.4 L/d] y iii) 22 cabras en período seco [21 ± 3 d antes del parto (**a.p.**); sin gestación y sin producción láctea].

La alimentación en el grupo de alta producción fue ofrecida en dos tiempos (mañana y tarde) posterior al ordeño. Incluyó sorgo rolado, maíz rolado, pastas oleaginosas, pasta de coco, pulido de arroz, grasa de sobrepaso, melaza de caña, inóculo de levaduras y enzimas digestivas, secuestrante de micotoxinas y premezcla vitamínica. Sus valores nutricionales fueron: 24.5% de proteína cruda (**PC**), 4.8% de grasa, 11.5% de humedad y 45.2% de extracto libre de nitrógeno (**ELN**). El grupo de baja producción se alimentó con una mezcla de 70% de alimento de lactancia y 30% de alimento para animales secos y en gestación. La fórmula ofrecida a los animales secos y en gestación incluyó cereales mixtos (sorgo, maíz y/o trigo), pastas oleaginosas, subproductos agroindustriales, aceite vegetal, coccidiostatos y premezcla vitamínica específica para animales reproductores. Sus valores nutricionales fueron: 20% de PC, 2.4% de grasa, 11.5% de humedad, 52.8% de ELN. Todos los grupos recibieron adicionalmente suplemento mineral con carbonato de calcio (**$CaCO_3$**), fosfato tricálcico [**$Ca_3(PO_4)_2$**], cloruro de sodio (**NaCl**), óxido de magnesio (**MgO**), óxido de manganeso (**MnO_2**), sulfato ferroso (**$FeSO_4$**), sulfato de cobre (**$CuSO_4$**), óxido de zinc (**ZnO**), yoduro de potasio (**KI**), cloruro de cobalto (**$CoCl_2$**), selenito de sodio (**Na_2SeO_3**), melaza y agua fresca a libre acceso. Los tres grupos salieron a pastorear en agostaderos que presentaron una mezcla de gramíneas: Tanzania (*Panicum maximun*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Señal (*Brachiaria decumbens*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Pasto Europeo Punta Roja (Agrostis sp.) y leguminosas: Guaje (*Leucaena leucocephala*), Huizache Blanco (*Vachellia farnesiana*), Asmol (*Zizyphus mexicana*), Cascalote (*Caesalpinia coriaria*), Guácima (*Guazuma ulmifolia*), Vainillo (*Senna* sp.), Azulillo (*Haematoxylum brasiletto*) naturales e inducidas durante períodos de 4 a 8 h dependiendo del estado fisiológico y edad de los animales.

Colecta de sangre y determinación de analitos

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante punción en la vena yugular, utilizando tubos al vacío de 8.5 mL con activador de coagulación y gel separador (BD Vacutainer 367988; Becton- Dickinson Co., Franklin Lakes, EE. UU.), después del primer ordeño de la mañana y antes de la alimentación. Para la obtención del suero, las muestras se centrifugaron a 1 500 x *g* durante 10 min, utilizando una centrífuga portátil (Porta-Spin C828; UNICO., Dayton, EE. UU.). Los sueros se conservaron a 4°C, en un refrigerador portátil (Thermoelectric Cooler Car/Home M5644-710; The Coleman Company., Kansas, EE. UU.). Cada analito se determinó con un espectrofotómetro de doble haz UV-Vis (Biochemistry Analyzer; KONTROLab., Guidonia, Italia). Los analitos bioquímicos, la técnica analítica para cada parámetro, las unidades en las que se expresaron los resultados y los reactivos correspondientes se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Analitos bioquímicos, unidades, métodos y reactivos comerciales correspondientes

Analito*	Unidad	Método	Reactivo
Perfil energético-lipídico			
Glucosa (GLU)	mM	Trinder. GOD-POD[1]	1001190[a]
Colesterol (COL)	mM	CHOD-POD. Líquido[2]	41020[a]
Ácidos grasos no esterificados (AGNE)	mM	Enzimático[3]	FA 115[b]
Triacilgliceroles (TAG)	mM	GPO-POD. Líquido[4]	41032[a]
β-hidroxibutirato (β-HBA)	mM	Ensayo de D-β-hidroxibutirato (Ranbut)[5]	RB1007[b]
Perfil proteico			
Nitrógeno ureico (UREA)	mM	Ureasa-GLDH. Cinético UV[6]	1001333[a]
Albúmina (ALB)	g/L	Verde bromocresol. Colorimétrico	1001020[a]
Globulina (GLOB)	g/L	(PROT-T) – (ALB)	Diferencia
Proteína-total (PROT-T)	g/L	Biuret. Colorimétrico[7]	1001291[a]
Perfil mineral			
Ion calcio (Ca^{2+})	mM	Colorimétrico. Arsenazo III	CA2391[b]
Fosfato inorgánico (P_i)	mM	Fosfomolibdato. UV[8]	1001155[a]
Ion sodio (Na^{+})	mM	O-Nitrofenil-β-D-Glucósido[9]	1001385[a]
Ion potasio (K^{+})	mM	UV. Prueba[10]	1001395[a]
Ion magnesio (Mg^{2+})	mM	Azul de Xilidil. Colorimétrico[11]	1001286[a]
Ion cloruro (Cl^{-})	mM	Tiocianato-Hg. Colorimétrico[12]	1001360[a]

*Abreviatura oficial de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC); [1]Glucosa oxidasa-peroxidasa; [2]Colesterol oxidasa-peroxidasa; [3]Sintetasa-Oxidasa-Peroxidasa; [4]Glicerol-β-oxidasa-peroxidasa; [5]β-hidroxibutirato deshidrogenasa; [6]Ureasa-glutamato deshidrogenasa; [7]Sales de cobre en medio alcalino; [8]Molibdato de amonio-fosfomolibdato; [9]Galactosidasa-O-nitrofenil-β-D-galactopiranosa; [10]Piruvato quinasa-fosfoenolpiruvato; [11]Magon sulfonado en solución alcalina; [12]Tiocianato mercúrico-tiocianato férrico rojo; [a]*Spinreact*., Girona, España; [b]*Randox* Laboratory., Irlanda del Norte, Reino Unido.

Colecta de leche y determinación de grasa y proteína

La leche se obtuvo durante el primer ordeño de la mañana y antes de la alimentación, utilizando frascos de 100 mL con tapa, previamente identificados con el número de registro, establo y grupo de estudio (cabras de alta y baja producción). Posteriormente, los frascos se conservaron a 4°C en un refrigerador portátil (Thermoelectric Cooler Car/Home M5644-710; The Coleman Company., Kansas, EE. UU.)**.** La fracción lipídica y proteica de la leche se determinó mediante (EKOMILK ULTRA Milkana KAM98-2A; milk analyzer., Aguascalientes, México), que utiliza el ultrasonido de baja potencia (superior a 100 KHz) y de baja intensidad (inferior a 1 $W.cm^2$).

Análisis estadístico

Para el tratamiento de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico (SAS, System, v. 8.2, Cary, NC). El procedimiento estadístico utilizado para calcular los intervalos de confianza del 95% para los analitos bioquímicos, siguió la recomendación de la Federación Internacional de Química Clínica (Solberg, 1987). El 1.^{er} paso fue la localización de datos atípicos y los valores con más de 3 desviaciones estándar (**DE**) de distancia de la media fueron descartados. La distribución y el comportamiento de los datos se analizó mediante distribución Gaussiana y se determinaron los percentiles: P_{10}-P_{90} y P_{25}-P_{75} por (PROC UNIVARIATE; SAS, 2001). Las relaciones entre los analitos bioquímicos fueron identificadas por el coeficiente de correlación de Pearson (PROC CORR; SAS, 2001). La comparación entre cabras: de alta producción, baja producción y en período seco, se llevó a cabo por (PROC ANOVA; SAS, 2001). Cuando se localizaron diferencias debido a grupo (P<0.05), se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple de Tukey.

Resultados

Los estadísticos descriptivos para grasa de leche, proteína de leche, relación grasa/proteína, GLU, COL, AGNE, TAG, β-HBA, UREA, ALB, GLOB, PROT-T, Ca^{2+}, P_i, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}; cuantificados a partir de 66 perfiles metabólicos en cabras, así como un valor de referencia internacional, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Media (*x*), desviación estándar (DE), valor de referencia, intervalo de confianza (IC) y percentiles (P_{10}-P_{90}) y (P_{25}-P_{75}) para diferentes componentes lácteos y analitos bioquímicos

	***x* ± DE**	**Referencia**	**IC[d]**	**P_{10}-P_{90}**	**P_{25}-P_{75}**
Leche, *n* = 44 cabras en producción					
Grasa (g/100 mL de leche)	3.80 ± 0.56	3.50 ± 0.55[§]	3.63 – 3.97	2.97 – 4.59	3.37 – 4.21
Proteína (g/100 mL de leche)	2.79 ± 0.19	3.30 ± 0.35[§]	2.73 – 2.84	2.54 – 3.08	2.63 – 2.91
Relación grasa/proteína (g grasa/g proteína)	1.36 ± 0.15	1.06 ± 0.15[§]	1.31 – 1.40	1.15 – 1.61	1.26 – 1.43
Sangre, *n* = 66 cabras producción + período seco					
Glucosa (mM)	2.64 ± 1.35	3.49 ± 0.39[†]	2.30 – 2.97	0.83 – 4.42	1.48 – 3.91
Colesterol (mM)	3.50 ± 2.29	1.55 ± 0.67[†]	2.94 – 4.06	0.43 – 6.90	1.84 – 4.86
Ácidos grasos no esterificados (mM)	0.26 ± 0.01	0.30 ± 0.10[‡]	0.25 – 0.26	0.24 – 0.28	0.25 – 0.27
Triacilgliceroles (mM)	0.22 ± 0.05	0.20 ± 0.10[†]	0.20 – 0.23	0.13 – 0.28	0.17 – 0.27
β-hidroxibutirato (mM)	0.46 ± 0.15	0.80 ± 0.30[‡]	0.42 – 0.50	0.27 – 0.66	0.37 – 0.57
Nitrógeno ureico (mM)	4.98 ± 1.96	5.36 ± 0.71[†]	4.49 – 5.46	2.25 – 8.09	3.65 – 6.45
Albúmina (g/L)	34.01 ± 5.36	33.00 ± 3.30[†]	32.69 – 35.33	26.37 – 41.05	30.35 – 37.47
Globulina (g/L)	31.40 ± 13.59	36.00 ± 5.00[†]	28.06 – 34.74	13.38 – 49.28	19.85 – 44.12
Proteína-total (g/L)	70.41 ± 14.05	69.00 ± 4.80[†]	66.96 – 73.87	52.00 – 89.23	58.50 – 83.90
Ion calcio (mM)	2.54 ± 0.58	2.58 ± 0.18[†]	2.40 – 2.69	1.43 – 3.21	2.28 – 2.95
Fosfato inorgánico (mM)	4.07 ± 0.54	4.62 ± 0.25[†]	3.94 – 4.21	3.50 – 5.01	3.68 – 4.24
Ion sodio (mM)	140.16 ± 10.87	150.00 ± 3.10[†]	137.49 – 142.83	128.08 – 150.21	131.58 – 144.74
Ion potasio (mM)	4.14 ± 1.70	4.30 ± 0.50[†]	3.72 – 4.56	1.91 – 6.05	2.13 – 5.26
Ion magnesio (mM)	1.34 ± 0.45	1.32 ± 0.14[†]	1.23 – 1.45	0.75 – 2.06	0.97 – 1.63
Ion cloruro (mM)	104.53 ± 8.29	105.10 ± 2.90[†]	102.49 – 106.57	97.05 – 115.49	98.38 – 109.86

[†](Kaneko et al., 2008); [§](Prosser, 2021); [‡](Zamuner et al., 2020); [d]intervalo de confianza al 95 %.

La concentración de grasa láctea, proteína láctea, relación grasa/proteína láctea y analitos bioquímicos sanguíneos es consistente con los valores reportados en la literatura internacional para cabras (Cuadro 2). Sin embargo, entre las cabras Saanen y las cabras Nubia (Cuadro 3), todos los analitos excepto ALB y β-HBA mostraron diferencias raciales.

Cuadro 3. Comparación de diferentes componentes lácteos y analitos bioquímicos por raza

	Saanen	**Nubia**
	***x* ± DE**	
Leche, *n* = 22 cabras/raza en producción		
Grasa (g/100 mL de leche)	3.55 ± 0.45[b]	4.06 ± 0.55[a]
Proteína (g/100 mL de leche)	2.71 ± 0.16[b]	2.86 ± 0.18[a]
Relación grasa/proteína (g grasa/g proteína)	1.31 ± 0.13[b]	1.41 ± 0.16[a]
Sangre, *n* = 33 cabras/raza producción + período seco		
Glucosa (mM)	1.96 ± 1.21[b]	3.31 ± 1.16[a]
Colesterol (mM)	2.38 ± 1.64[b]	4.62 ± 2.32[a]
Ácidos grasos no esterificados (mM)	0.25 ± 0.007[b]	0.26 ± 0.010[a]
Triacilgliceroles (mM)	0.18 ± 0.05[b]	0.25 ± 0.03[a]
β-hidroxibutirato (mM)	0.45 ± 0.15[a]	0.46 ± 0.16[a]
Nitrógeno ureico (mM)	3.93 ± 1.18[b]	6.02 ± 2.05[a]
Albúmina (g/L)	33.74 ± 4.02[a]	34.27 ± 6.49[a]
Globulina (g/L)	24.69 ± 12.16[b]	38.11 ± 11.60[a]
Proteína-total (g/L)	63.44 ± 10.47[b]	77.39 ± 13.82[a]
Ion calcio (mM)	2.39 ± 0.67[b]	2.70 ± 0.43[a]
Fosfato inorgánico (mM)	3.76 ± 0.29[b]	4.39 ± 0.56[a]
Ion sodio (mM)	134.39 ± 8.23[b]	145.93 ± 10.18[a]
Ion potasio (mM)	3.16 ± 1.83[b]	5.12 ± 0.76[a]
Ion magnesio (mM)	1.08 ± 0.35[b]	1.60 ± 0.40[a]
Ion cloruro (mM)	100.33 ± 4.30[b]	108.72 ± 9.21[a]

Se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos indicados con letras diferentes (P<0.05). Todos los datos son presentados por media ± DE.

En ambas razas, la comparación entre grupos (alta producción, baja producción y período seco), mostró diferencias (P<0.05) en COL y β-HBA (Cuadro 4 y 5), con los valores más bajos durante el período seco.

Cuadro 4. Comparación de diferentes componentes lácteos y analitos bioquímicos en cabras Saanen, *n* = 33 cabras (11 cabras/grupo de producción)

	Alta producción[1]	Baja producción[2]	Período seco[3]
Leche			
Grasa (g/100 mL de leche)	3.60 ± 0.42[a]	3.50 ± 0.49[a]	
Proteína (g/100 mL de leche)	2.65 ± 0.15[a]	2.76 ± 0.16[a]	
Relación grasa/proteína (g grasa/g proteína)	1.35 ± 0.13[a]	1.26 ± 0.11[a]	
Sangre			
Glucosa (mM)	2.14 ± 1.03[a]	2.11 ± 1.35[a]	1.64 ± 1.27[a]
Colesterol (mM)	3.09 ± 1.45[a]	2.87 ± 1.49[a]	1.16 ± 1.34[b]
Ácidos grasos no esterificados (mM)	0.25 ± 0.007[a]	0.25 ± 0.004[a]	0.25 ± 0.007[a]
Triacilgliceroles (mM)	0.18 ± 0.04[a]	0.19 ± 0.05[a]	0.18 ± 0.06[a]
β-hidroxibutirato (mM)	0.53 ± 0.11[a]	0.46 ± 0.16[a,b]	0.36 ± 0.13[b]
Nitrógeno ureico (mM)	4.07 ± 1.17[a]	3.83 ± 1.47[a]	3.90 ± 0.95[a]
Albúmina (g/L)	34.54 ± 3.23[a]	33.75 ± 5.26[a]	32.93 ± 3.49[a]
Globulina (g/L)	26.45 ± 10.39[a]	26.19 ± 13.59[a]	21.44 ± 12.76[a]
Proteína-total (g/L)	66.00 ± 9.27[a]	64.94 ± 11.18[a]	59.38 ± 10.57[a]
Ion calcio (mM)	2.45 ± 0.58[a]	2.47 ± 0.71[a]	2.25 ± 0.74[a]
Fosfato inorgánico (mM)	3.65 ± 0.31[a]	3.79 ± 0.18[a]	3.84 ± 0.35[a]
Ion sodio (mM)	133.37 ± 9.40[a]	133.23 ± 6.51[a]	136.57 ± 8.84[a]
Ion potasio (mM)	3.05 ± 1.84[a]	2.83 ± 1.35[a]	3.61 ± 2.27[a]
Ion magnesio (mM)	1.10 ± 0.38[a]	1.00 ± 0.22[a]	1.14 ± 0.43[a]
Ion cloruro (mM)	99.32 ± 4.60[a]	98.84 ± 2.78[a]	102.83 ± 4.46[a]

[1]90 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 3.0 ± 1.0 L/d; [2]240 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 1.0 ± 0.4 L/d]; [3]21 ± 3 d a.p.; sin gestación y sin producción láctea; Se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos indicados con letras diferentes (P<0.05). Todos los datos son presentados por media ± DE.

Cuadro 5. Comparación de diferentes componentes lácteos y analitos bioquímicos en cabras Nubias, *n* = 33 cabras (11 cabras/grupo de producción)

	Alta producción[1]	Baja producción[2]	Período seco[3]
Leche			
Grasa (g/100 mL de leche)	4.19 ± 0.54[a]	3.92 ± 0.55[a]	
Proteína (g/100 mL de leche)	2.86 ± 0.20[a]	2.87 ± 0.17[a]	
Relación grasa/proteína (g grasa/g proteína)	1.46 ± 0.15[a]	1.36 ± 0.16[a]	
Sangre			
Glucosa (mM)	3.21 ± 1.26[a]	3.31 ± 1.01[a]	3.40 ± 1.28[a]
Colesterol (mM)	5.83 ± 1.71[a]	5.71 ± 1.99[a]	2.33 ± 1.32[b]
Ácidos grasos no esterificados (mM)	0.27 ± 0.01[a]	0.26 ± 0.01[a]	0.26 ± 0.01[a]
Triacilgliceroles (mM)	0.24 ± 0.04[a]	0.25 ± 0.02[a]	0.26 ± 0.01[a]
β-hidroxibutirato (mM)	0.58 ± 0.12[a]	0.41 ± 0.13[a,b]	0.41 ± 0.16[b]
Nitrógeno ureico (mM)	6.23 ± 2.08[a]	5.75 ± 1.66[a]	6.08 ± 2.50[a]
Albúmina (g/L)	36.57 ± 7.49[a]	33.79 ± 4.65[a]	32.46 ± 6.88[a]
Globulina (g/L)	37.17 ± 12.66[a]	38.10 ± 10.15[a]	39.06 ± 12.86[a]
Proteína-total (g/L)	78.74 ± 14.42[a]	76.89 ± 12.21[a]	76.53 ± 15.85[a]
Ion calcio (mM)	2.75 ± 0.63[a]	2.74 ± 0.37[a]	2.61 ± 0.23[a]
Fosfato inorgánico (mM)	4.53 ± 0.58[a]	4.30 ± 0.53[a]	4.32 ± 0.60[a]
Ion sodio (mM)	144.57 ± 10.68[a]	143.34 ± 6.65[a]	149.89 ± 12.12[a]
Ion potasio (mM)	4.93 ± 1.20[a]	5.14 ± 0.41[a]	5.30 ± 0.40[a]
Ion magnesio (mM)	1.59 ± 0.32[a]	1.55 ± 0.36[a]	1.66 ± 0.53[a]
Ion cloruro (mM)	111.32 ± 9.75[a]	107.83 ± 9.59[a]	107.00 ± 8.53[a]

[1]90 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 3.0 ± 1.0 L/d; [2]240 ± 15 d p.p.; producción de leche (media ± DE): 1.0 ± 0.4 L/d]; [3]21 ± 3 d a.p.; sin gestación y sin producción láctea; Se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos indicados con letras diferentes (P<0.05). Todos los datos son presentados por media ± DE.

Se cuantificó una correlación negativa entre GLU y AGNE (Cuadro 6). Se cuantificaron correlaciones positivas (P<0.05) entre AGNE con COL, TAG y β-HBA, entre Ca^{2+} con Na^{+} y entre K^{+} con Na^{+} y Mg^{2+}.

Cuadro 6. Coeficiente de correlación de Pearson para diferentes analitos bioquímicos en cabras Saanen y Nubia de los Asmoles, Colima (*n* = 66 sueros sanguíneos)

	COL	AGNE	TAG	β-HBA	UREA	ALB	GLOB	PROT-T	Ca^{2+}	P_i	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Cl^-
GLU	0.26	-0.37*	0.25	0.15	0.26	0.11	0.10	0.12	0.25	0.12	0.26	0.13	0.24	0.27
	COL	0.46*	0.21	0.21	0.29	0.23	0.16	0.13	0.10	0.23	0.24	0.19	0.28	0.16
		AGNE	0.39*	0.47*	0.21	0.25	0.27	0.13	0.20	0.12	0.22	0.11	0.12	0.10
			TAG	0.21	0.28	0.05	0.15	0.11	0.12	0.18	0.16	0.14	0.20	0.21
				β-HBA	0.13	0.25	0.05	0.12	0.08	0.18	0.16	0.09	0.08	0.17
					UREA	0.29	0.26	0.16	0.20	0.24	0.19	0.18	0.14	0.11
						ALB	0.29	0.27	0.18	0.18	0.05	0.23	0.25	0.15
							GLOB	0.26	0.15	0.12	0.06	0.23	0.24	0.17
								PROT-T	0.10	0.15	0.12	0.13	0.14	0.13
									Ca^{2+}	0.12	0.47*	0.16	0.19	0.20
										P_i	0.16	0.16	0.18	0.22
											Na^+	0.41*	0.16	0.12
												K^+	0.47*	0.11
													Mg^{2+}	0.22
														Cl^-

Abreviatura oficial de la Unión Internacional de química Pura y Aplicada (IUPAC); glucosa (GLU), colesterol (COL), ácidos grasos no esterificados (AGNE), triacilgliceroles (TAG) y β-hidroxibutirato (β-HBA), nitrógeno ureico (UREA), albúmina (ALB), globulina (GLOB), proteína-total (PROT-T), ion calcio (Ca^{2+}), fosfato inorgánico (P_i), ion sodio (Na^+), ion potasio (K^+), ion magnesio (Mg^{2+}), e ion cloruro (Cl^-); **P*<0.05.

Las correlaciones entre grasa láctea, proteína láctea, relación grasa/proteína láctea, y los diferentes analitos bioquímicos sanguíneos en cabras Saanen y Nubia de los Asmoles, Colima, se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Correlaciones entre componentes lácteos y analitos bioquímicos, *n* = 44 cabras en producción

	Leche		
Sangre	Grasa[1]	Proteína[1]	Grasa/proteína[2]
Glucosa (mM)	0.19	0.14	0.15
Colesterol (mM)	0.69***	0.14	0.44**
Ácidos grasos no esterificados (mM)	0.34*	0.19	0.12
Triacilgliceroles (mM)	0.14	0.12	0.11
β-hidroxibutirato (mM)	0.32*	0.01	0.35*
Nitrógeno ureico (mM)	0.12	0.49**	0.15
Albúmina (g/L)	0.01	0.09	0.06
Globulina (g/L)	0.19	0.14	0.12
Proteína-total (g/L)	0.13	0.19	0.16
Ion calcio (mM)	0.16	0.12	0.15
Fosfato inorgánico (mM)	0.10	0.14	0.14
Ion sodio (mM)	0.10	0.13	0.16
Ion potasio (mM)	0.19	0.13	0.12
Ion magnesio (mM)	0.15	0.12	0.11
Ion cloruro (mM)	0.12	0.13	0.14

[1]g/100 mL de leche; [2]g grasa/g proteína; **P*<0.05; ***P*<0.01; ****P*<0.001.

Discusión

Las tres variables lácteas (Cuadro 3) registraron una mayor concentración en las cabras Nubias. Clark and Mora (2017) reportaron que la concentración de grasa y proteína láctea en las cabras Saanen es de 3.3 g de grasa/100 mL de leche y 2.8 g de proteína/100 mL de leche, valores consistentes con los cuantificados por nuestro estudio. La leche de cabras Nubias tiene en promedio 4.5 g de grasa/100 mL de leche y 3.7 g de proteína/100 mL de leche (Moatsou and Park, 2017), por lo que se identificó un valor para proteína (2.86 ± 0.18) ligeramente inferior al reportado por la literatura internacional.

La concentración de COL se incrementa después del parto y comienza a disminuir cerca de los 200 d p.p. (baja producción). Henna et al. (2021) indicaron que el COL aumenta en el p.p. proporcionalmente a la producción de leche. Comportamiento similar al encontrado en nuestro estudio, donde los valores más bajos de COL se cuantificaron durante el período seco (Cuadro 4 y 5). Reese et al. (2020) señalaron que, durante el período seco de los rumiantes, se presentan varios ajustes metabólicos con el fin de asegurar el mantenimiento y la recuperación del parénquima

glandular mamario, originando una hipocolesterolemia. El β-HBA es un cuerpo cetónico utilizado por los rumiantes como fuente energética adicional, sobre todo al inicio de la lactación (Zamuner et al., 2020). Por lo tanto, en las cabras de alta producción su concentración es más elevada en comparación con el período seco (Reese et al., 2020). Zamuner et al. (2020) reportaron una correlación moderada entre AGNE y β-HBA (r = 0.66), y entre AGNE y GLU (r = -0.46) en cabras lecheras. De manera similar, se han reportado correlaciones entre AGNE y β-HBA en cabras sanas durante la última semana de gestación (r = 0.45) y en ovejas lecheras peri-parturientas (r = 0.41) (Karagiannis et al., 2014; Radin et al., 2015), comportamiento similar al encontrado en nuestro estudio (Cuadro 6). Las correlaciones observadas entre AGNE y β-HBA, y entre AGNE y GLU plantean la idea de que los resultados combinados de estas pruebas, podrían ser una alternativa potencial para estimar la tasa metabólica de los lípidos en cabras lecheras (Reese et al., 2020).

Niveles bajos de Mg^{2+} resultan en niveles bajos de K^+ y Na^+, estableciendo una correlación positiva entre estos minerales (Cuadro 6) (Abdelrahman et al., 2002). Davidson and Stabenfeldt (2020) y Akkaya et al. (2020) indicaron que el intercambiador Na^+/Ca^{2+} ubicado en la membrana de los osteocitos, es esencial para conservar la homeostasis del Ca^{2+}, al utilizar la energía del gradiente electroquímico del ion Na^+ para mover Ca^{2+} del citoplasma de los osteocitos hacia el ambiente extracelular. En consecuencia, una reducción de Na^+ podría ocasionar concentraciones reducidas de Ca^{2+}. Afirmación que explicaría la correlación entre los iones Na^+ y Ca^{2+} (r = 0.47) cuantificada por nuestro estudio.

Los ácidos grasos de cadena carbonada media (de C6 a C10) contenidos en la grasa láctea, son sintetizados *de novo* en los lactocitos del parénquima glandular mamario (Chandel, 2021; Menzies, 2021). Los ácidos grasos volátiles (**AGV**) de cadena carbonada corta (acético C2 y butírico C4), sirven como precursores moleculares, y los grupos de dos en dos carbonos incorporados durante la elongación, proceden de los cuerpos cetónicos acetoacetato (**AcAc**) y β-HBA producidos en los hepatocitos por β-oxidación mitocondrial (Monks et al., 2020; Reese et al., 2020). Esto significa que la correlación entre grasa láctea y β-HBA (R^2 = 0.32; P<0.05) en cabras lecheras (Cuadro 7), esquematiza el destino de este cuerpo cetónico en la síntesis de grasa láctea (Akkaya et al., 2020), principalmente en la formación de ácidos grasos saturados. Los ácidos grasos de cadena carbonada larga (de C12 a C16) contenidos en la grasa láctea, son sintetizados tanto *de novo* en los lactocitos del parénquima glandular mamario, como trasladados por la ALB en la sangre (Rúa, 2018; Song et al., 2018; Chandel, 2021). En no rumiantes, está bien establecido que la elongación de ácidos grasos de cadena carbonada muy larga (C18 a más) se realiza a partir del palmítico C16 en tejidos lipogénicos p. ej., adiposo y hepático (Balla et al., 2019). Sin embargo, en la glándula mamaria rumiante, la ausencia de elongasas imposibilita la condensación sucesiva de malonil-Coenzima A con acetil-Coenzima A, para la elongación de ácidos grasos a más de 16 carbonos (Martínez and Suárez, 2018; Chandel, 2021). En consecuencia, se reduce la expresión de genes relacionados con la desaturación de TAG como precursor molecular en la elongación de ácidos grasos (Henna et al., 2021). Por lo tanto, los ácidos grasos de cadena carbonada muy larga, utilizados en la síntesis de grasa láctea proceden del COL (esterificado y libre) principalmente y de los AGNE (Reese et al., 2020). Los lactocitos utilizan el COL esterificado a un ácido graso, para constituir junto con AGNE, vitaminas liposolubles y carotenoides, el núcleo del glóbulo graso, y el COL libre para configurar parte de la membrana del glóbulo graso y aumentar la fracción lipídica de la leche (Rúa, 2018; Song et al., 2018; Chandel, 2021). Esta información explica el porqué de sus correlaciones con la grasa láctea (R^2 = 0.69; P<0.001) y (R^2 = 0.34; P<0.05) respectivamente (Cuadro 7).

En el rumen de las cabras lecheras, una fracción del nitrógeno alimenticio es transformada en el ion amonio (**NH_4^+**) (Rodwell, 2018; Menzies, 2021). Más tarde el NH_4^+ es absorbido por la pared ruminal y transportado en la sangre hacia los hepatocitos periportales (Soria et al., 2019). Donde el NH_4^+ se une con CO_2 y ATP para constituir carbamil fosfato (**CbP**) (Getahun et al., 2019). El CbP ingresa al ciclo de la urea, cediendo su grupo carbamilo a la ornitina para formar citrulina (Hailemariam et al., 2021). La citrulina abandona la matriz mitocondrial y en el citoplasma se une al aspartato para formar arginosuccinato (Jin et al., 2018). El arginosuccinato es dividido en arginina y fumarato (Zhong et al., 2022). A continuación, la arginina es hidrolizada y transformada en UREA, quien viaja en la sangre hacia los tejidos corporales que contienen agua (Menzies, 2021). En consecuencia, la UREA se

propaga de la sangre a la glándula mamaria (Soria et al., 2019) y termina en la leche incrementando su concentración proteica (Jin et al., 2018). Esta información explica la correlación entre UREA y proteína láctea (R^2 = 0.49; *P*<0.01) cuantificada por nuestro estudio (Cuadro 7).

Conclusiones

La concentración de grasa láctea, proteína láctea, relación grasa/proteína láctea y analitos bioquímicos sanguíneos es consistente con los valores reportados en la literatura internacional para cabras. Sin embargo, entre las cabras Saanen y las cabras Nubia, todos los analitos excepto ALB y β-HBA mostraron diferencias raciales. Las tres variables lácteas registraron una mayor concentración en las cabras Nubias. En ambas razas, la comparación entre grupos (alta producción, baja producción y período seco), mostró diferencias en COL y β-HBA, con los valores más bajos durante el período seco. Se cuantificó una correlación negativa entre GLU y AGNE. Se cuantificaron correlaciones positivas entre AGNE con COL, TAG y β-HBA, entre Ca^{2+} con Na^{+} y entre K^{+} con Na^{+} y Mg^{2+}. La grasa láctea se correlacionó con COL, AGNE y β-HBA. La proteína láctea se correlacionó con UREA y se identificó una dependencia lineal entre la relación grasa/proteína láctea con COL y β-HBA. Los resultados brindan información sobre las adaptaciones metabólicas de la lactancia e identifican vínculos entre los analitos clave y el contenido de proteína y grasa en leche de cabra.

Literatura citada

1. Abdelrahman, M. M., *et al.* (2002). The requirements of calcium by Awassi ewes at early lactation. *Small Rumin Res, 45*(2), 101-107. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00088-3
2. Akkaya, F., *et al.* (2020). Evaluation of metabolic profiles of Saanen goats in the transition period. *Hell Vet Med, 71*(2), 2127-2134. https://doi.org/10.12681/jhvms.23637
3. Balla, T., *et al.* (2019). Lipid dynamics at contact sites between the endoplasmic reticulum and other organelles. *Annu Rev Cell Dev Biol, 35*(1), 85-109. https://doi.org/10.1146/annurev-cellbio-100818-125251
4. Bauman, D. E., *et al.* (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J Dairy Sci, 89*(4), 1235-1243. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72192-0
5. Chandel, N. S. (2021). Lipid metabolism. *Cold Spring Harb Perspect Biol, 13*(9), 34-41. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a040576
6. Clark, S., and Mora, G., M. B. (2017). A 100-year review: Advances in goat milk research. *J Dairy Sci, 100*(12), 10026-10044. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287
7. Davidson, P. A., and Stabenfeldt, H. G. (2020). The mammary gland and lactation. In B. G. Klein (Ed.), *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology* (6ª illustrated ed., pp. 458-471). Elsevier Health Science Division.
8. Gallou, A., *et al.* (2019). Haplotype characterization of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) and *Ceraeochrysa valida* (Banks) (Neuroptera: Chrysopidae) from the state of Colima, Mexico. *Mol Biol Rep, 46*(4), 4313-4322. https://doi.org/10.1007/s11033-019-04885-6
9. García, C. A. C., *et al.* (2014). Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis, y modificación. *Arch Zootec, 63*(1), 85-105. https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/592
10. Getahun, D., *et al.* (2019). Urea metabolism and recycling in ruminants. *BJSTR, 20*(1), 14790-14796. https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.20.003401
11. Hailemariam, S., *et al.* (2021). Urea transport and hydrolysis in the rumen: a review. *Anim Nutr, 7*(4), 989-996. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.002
12. Harvatine, K. J., *et al.* (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal, 3*(1), 40-54. https://doi.org/10.1017/S1751731108003133
13. Heid, H. W., and Keenan, T. W. (2005). Intracellular origin and secretion of milk fat globules. *Eur J Cell Biol, 84*(2-3), 245-258. https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2004.12.002
14. Henna, K., *et al.* (2021). Endocrine, energy, and lipid status during parturition and early lactation in indigenous goats native to the Algerian Sahara. *Vet World, 14*(9), 2419-2426. https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2419-2426
15. Jin, D., *et al.* (2018). Urea metabolism and regulation by rumen bacterial urease in ruminants: a review. *Ann Anim Sci, 18*(2), 303. https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0028

16. Kaneko, J. J.*, et al.* (2008). Appendix VIII blood analyte reference values in large animals. In J. J. Kaneko, W. J. Harvey, and L. M. Bruss (Eds.), *Clinical Biochemistry of Domestic Animals* (6ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 882-888). Academic Press.
17. Karagiannis, I.*, et al.* (2014). Associations of pre-lambing body condition score and serum β-hydroxybutyric acid and non-esterified fatty acids concentrations with periparturient health of Chios dairy ewes. *Small Rumin Res, 120*(1), 164-173. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.05.001
18. Kumar, S.*, et al.* (2009). Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies. *World J Microbiol Biotechnol, 25*(9), 1557-1566. https://doi.org/10.1007/s11274-009-0041-3
19. Manterola, B. H. (2011). *Estrategias nutricionales y alimenticias para modificar los sólidos totales de la leche* Seminario sobre productividad en sistemas pastoriles lecheros, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. http://www.produccionpecuaria.uchile.cl/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=4&Itemid=110
20. Martínez, G. M., and Suárez, V. H. (2018). The mammary gland: morphology and development. Synthesis of milk components. In G. M. Martínez and V. H. Suárez (Eds.), *Goat dairying: production, management, health, quality of milk and products* (1ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 37-41). Ediciones INTA.
21. Menzies, P. (2021). Udder health for dairy goats. *Vet Clin North Am Food Anim Pract, 37*(1), 149-174. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.12.002
22. Moatsou, G., and Park, W. Y. (2017). Goat milk products: types of products, manufacturing technology, chemical composition, and marketing. In W. Y. Park, F. W. G. Haenlein, and L. W. Wendorff (Eds.), *Handbook of milk of non-bovine mammals* (2ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 84-139). John Wiley & Sons.
23. Monks, J.*, et al.* (2020). Organellar contacts of milk lipid droplets. *Contact (Thousand Oaks), 3*(1), 2-12. https://doi.org/10.1177/2515256419897226
24. National Chamber of Industrial Milk. (2021). *CANILEC. Markets and statistics*. Retrieved 25 May from http://www.canilec.org.mx/index.html
25. National Institute of Statistic and Geography. (2017). *INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Colima*. Retrieved 22 Oct from https://www.inegi.org.mx/COL_ANUARIO_PDF.pdf
26. Payne, J. M. (1972). The Future of Presymptomatic Diagnosis: The Compton Metabolic Profile Test. *Proc Roy Soc Med, 65*(2), 181-183. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/256/
27. Payne, J. M.*, et al.* (1973). A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds. *Br Vet J, 129*(4), 370-381. https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)36441-2
28. Payne, J. M.*, et al.* (1974). A statistical appraisal of the results of the metabolic profile tests on 191 herds in the B.V.A.-A.D.A.S joint exercise in animal health and productivity. *Br Vet J, 130*(1), 34-44. https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)35988-2
29. Peel, M. C.*, et al.* (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci, 1*(1), 1633-1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007
30. Prosser, C. G. (2021). Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *J Food Sci, 86*(2), 257-265. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15574
31. Radin, L.*, et al.* (2015). Metabolic and oxidative status of Saanen goats of different parity during the peripartum period. *J Dairy Res, 82*(4), 426-433. https://doi.org/10.1017/S0022029915000552
32. Reese, O. W.*, et al.* (2020). Mammary gland (mamma, uber, mastos). In H. E. König and G. G. Liebich (Eds.), *Veterinary Anatomy of Domestic Animals* (7ª illustrated ed., pp. 642-648). Georg Thieme Verlag KG.
33. Rodwell, W. V. (2018). Catabolism of proteins and amino acid nitrogen. In W. V. Rodwell, A. D. Bender, M. K. Botham, J. P. Kennelly, and A. P. Weil (Eds.), *Harper's Illustrated Biochemistry* (31ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 661-686). McGraw-Hill Education / Medical.
34. Rúa, B. C. V. (2018). Description of goat milk production systems. In H. G. I. Bedoya and G. S. P. Acevedo (Eds.), *Technical manual for goat milk production using good farming practices* (1ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 55-61). Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural de Antioquia.
35. SAS. (2001). *SAS/STAT Statistics User's guide.* In (Version 8.2) SAS Institute Inc.

36. Solberg, H. E. (1987). Approved recommendation (1987) on the theory of reference values. Part 5. Statistical treatment of collected reference values. Determination of reference limits. *Clin Chim Acta, 170*(2-3), S13-S32. https://doi.org/10.1016/0009-8981(87)90151-3
37. Song, Z*., et al.* (2018). Regulation and metabolic significance of *de novo* lipogenesis in adipose tissues. *Nutrients, 10*(10), 1-10. https://doi.org/10.3390/nu10101383
38. Soria, L. R*., et al.* (2019). Hepatic glutamine synthetase augmentation enhances ammonia detoxification. *J Inherit Metab Dis, 42*(6), 1128-1135. https://doi.org/10.1002/jimd.12070
39. Swaisgood, H. E. (2003). Protein composition of milk: identification, structure, and chemical composition. In P. F. Fox and P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced dairy chemistry: proteins part A* (3ª illustrated ed., Vol. 1, pp. 140-225). Springer Science.
40. Vidal, M. E. (2013). *Lácteos: oferta y demanda en el contexto regional y mundial* 1º Foro de Agricultura de América del Sur, Foz de Iguazú, Brasil. http://www.fao.org/index_es.htm
41. Zamuner, F*., et al.* (2020). Short communication: associations between nonesterified fatty acids, β-hydroxybutyrate, and glucose in periparturient dairy goats. *J Dairy Sci, 103*(7), 6672-6678. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17163
42. Zhong, C*., et al.* (2022). The role of rumen epithelial urea transport proteins in urea nitrogen salvage: a review. *Anim Nutr, 9*(1), 304-313. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.01.008

EVIDENCIAS DURANTE LA INSPECCIÓN EN SINIESTROS POR ELECTROFULGURACIÓN EN BOVINOS

*Bautista P. U. J., Quiroz M. M. A., González L. R., Olguin y B. A. F., Martínez A. D. P., De la Luz A. J., Hernández R. E. G., Rivera B. J. F.

RESUMEN

La muerte por electrofulguración afecta a varias especies de animales domésticos, frecuentemente bovinos, también puede impactar a diferentes especies silvestres o incluso el ser humano. Generalmente se presenta en animales que se encuentran en ambientes exteriores, como es el caso de bovinos, en sistemas de producción en pastoreo o extensivos. La muerte sucede de manera súbita y es raro aquel individuo que logra sobrevivir a tal evento. Frecuentemente, no se observan lesiones macroscópicas *post mortem* en los cadáveres. Al presentarse el suceso en el pastoreo durante una tormenta con descargas eléctricas, es frecuente que el ganado se resguarde debajo de árboles, mismos que reciben la caída del rayo, conduciendo la corriente eléctrica a los bovinos, causándoles la muerte. Existen diferentes dinámicas posteriores a la caída del rayo y la dirección de la corriente eléctrica. En México, de igual manera, se ha considerado como la causa más frecuente de muerte en ganado bovino en pastoreo. El presente trabajo se realiza con financiamiento y forma parte del proyecto PAPIME PE209723 “Manual digital de inspección de siniestros para la determinación de causa de muerte en bovinos en etapas en descomposición tardía”.

Introducción.

La palabra compuesta “electrofulguración” proviene del latín *elektron* (ámbar, cosa que emite brillo), *fulgor* (resplandor, brillo de mucha intensidad), y se refiere básicamente a la muerte por descarga eléctrica natural, causado por un rayo durante una tormenta. Los rayos son un fenómeno natural atmosférico que se caracteriza por llevar una corriente eléctrica de manera violenta hacia la tierra.

La muerte por electrofulguración afecta a varias especies de animales domésticos, frecuentemente bovinos, también puede impactar a diferentes especies silvestres o incluso el ser humano. Generalmente se presenta en animales que se encuentran en ambientes exteriores, como es el caso de bovinos, en sistemas de producción en pastoreo o extensivos.

Es de presentación mundial, sin embargo, se observa mayormente en países con climas tropicales, considerándose una causa importante de pérdidas económicas por la muerte de los animales. Wendler (2019), en un estudio realizado de 2012 al 2019 en bovinos, estima que en la región del Amazonas en Brasil anualmente se pierden cerca de $42,105 USD por esta causa, considerada una cifra imprecisa, debido a los pocos reportes de este siniestro que se realizan oficialmente. En México, de igual manera, se ha considerado como la causa más frecuente de muerte en ganado bovino en pastoreo.

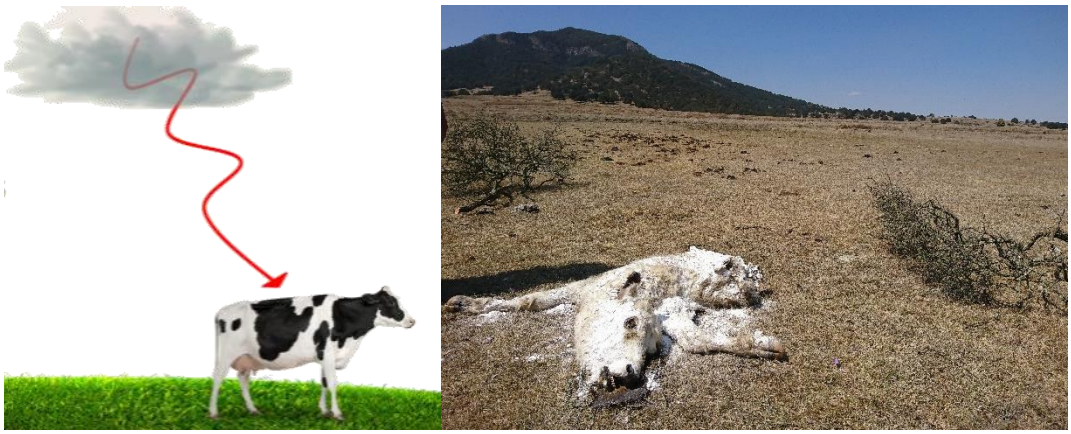
La muerte sucede de manera súbita y es raro aquel individuo que logra sobrevivir a tal evento. Frecuentemente, no se observan lesiones macroscópicas *post mortem* en los cadáveres.

Dinámica de la electrofulguración.

Al presentarse el suceso en el pastoreo durante una tormenta con descargas eléctricas, es frecuente que el ganado se resguarde debajo de árboles, mismos que reciben la caída del rayo, conduciendo la corriente eléctrica a los bovinos, causándoles la muerte.

El rayo impactará en el objeto con mayor altura (ej. la punta del árbol), viajando a través de éste dirigiéndose hacia el suelo, el efecto se puede observar hasta 20 m de radio, alrededor del sitio de impacto, donde son afectados los bovinos localizados en este perímetro y no necesariamente que el animal reciba el golpe directo del rayo, por lo que es frecuente que varios animales mueran en un solo evento.

Si es que el bovino recibe el golpe directo del rayo, siendo este individuo el punto más alto en una porción de terreno determinado y probablemente sin árboles, la totalidad de la corriente eléctrica caerá sobre el bovino (Imágenes del muerto sin árboles).



Imágenes 1 y 2. La imagen 1 representa la caída del rayo directamente en el bovino. La imagen 2 muestra a un becerro de 3 días de muerto, en descomposición tardía, al cual le impactó el rayo directamente. Se observan 2 ramas cortadas de arbustos espinosos que se utilizaron para resguardar los despojos del carroñeo, provenientes de otro lugar, ya que no hay presencia de árboles ni arbustos en el lugar del siniestro.

Los bovinos, al igual que otros animales en cuadripedestación, si se encuentran debajo o cercano al árbol que reciba el impacto del rayo, sufrirán el potencial de paso de la corriente eléctrica. Una vez que la energía viaja por el suelo, llegará al bovino y el potencial ingresará por el o los miembros que se encuentren dirigidos al árbol donde cayó el rayo y saldrá por los otros miembros, al viajar el potencial por el tronco, pasará por el corazón, pulmones, hígado, etc. (Imagen 3). Por lo tanto, la muerte por rayo ocurre principalmente al presentarse fibrilación ventricular por la sobrecarga que ocurre en los nodos que apoyan el sistema nervioso autónomo cardiaco, también se observa paro respiratorio e incluso hemorragia interna por la ruptura de vasos sanguíneos.



Imagen 3. Tomada de Gomes (2012). Muestra el camino que toma el potencial de energía, al impactar en un árbol, viajando por el suelo hasta pasar por un animal en cuadripedestación.

Si el animal no se encuentra lo suficientemente cerca para recibir la descarga eléctrica, también puede presentar signos como ceguera temporal o permanente por la intensidad lumínica, o pérdida de la audición por el daño a los tímpanos por la expansión repentina del aire de la onda de choque

Algunos autores refieren que en personas muy rara vez se pueden encontrar dermatitis por quemaduras en forma de “ramas”, esto ocurre por el incremento drástico de la temperatura, mismo que decrece en milisegundos, lo que generalmente no le permite generar una condición visible de lesión.

Evidencias posteriores al siniestro

Al momento de la inspección, debajo del árbol se encontrarán los cadáveres de los bovinos con el mismo tiempo de descomposición (Imagen 4), pudiendo observarse mayores signos de carroñeo entre los cadáveres.



Imagen 4. Despojos de 4 bovinos muertos con el mismo tiempo de descomposición debajo de un árbol que recibió el impacto de un rayo.

Los despojos en descomposición temprana presentan extensión de los miembros debido a la contracción muscular durante la descarga eléctrica, también llamado “tetanización”. La corriente eléctrica activará la contracción muscular. De manera general, los músculos tensores se contraen con mayor fuerza que los que intervienen en la relajación, por lo que se observará esta particularidad en la mayoría de los cadáveres (Imagen 5). Como dato, esta es la explicación por la cual una persona que recibe una descarga eléctrica por agarrar un cable es incapaz de liberarse de la fuente de corriente.



Imagen 5. Despojos de un bovino que murió por electrofulguración, se observan los miembros extendidos debido a la descarga eléctrica.

Algunas personas refieren que al consumir la carne de estos animales, esta se encuentra más dura “chiclosa” (cambiar este término) e incluso con coloración más oscura, sin embargo, una posible explicación a esta condición, es que la maduración de la carne no se lleva de manera adecuada como se realizaría en un rastro, la hipercontracción muscular puede causar daño y necrosis lo que

explica la coloración oscura, además de que los animales muertos se pueden encontrar varias horas o días posteriores al siniestro, esto obviamente deja sin viabilidad de consumo estos cadáveres.

Además de los animales muertos, es importante revisar el entorno donde ocurrió el siniestro. El árbol que recibió el impacto del rayo también presenta daños, típicamente se observan fracturas en la corteza de las ramas y tronco (Imagen 6), evidencia del sitio donde ingresó y viajó la descarga hasta el suelo. En árboles viejos o más secos, la evidencia del recorrido del rayo es más visible que los que presentan mayor humedad (Imagen 7), donde incluso no se observan; en palmeras es frecuente que externamente en la corteza no se observen evidencia de daños, sin embargo, las estructuras internas del tronco se encuentran quemándose, pareciendo carbón en incineración.



Imagen 6. Daños en la corteza del árbol ocasionados por el paso del rayo.



Imagen 7. Árbol viejo que recibió el impacto de un rayo, se observa mayor destrucción de las estructuras.

Existen animales que mueren indirectamente por el impacto del rayo al estar en contacto con el cercado metálico perimetral. Frecuentemente se utiliza cercado vivo con líneas de alambres de púas unidas a postes de madera o cemento y árboles, que además, que pueden servir de sombra dentro del corral. Al haber sobrepastoreo o escasez de alimento dentro del potrero donde permanecen los bovinos, intentarán pasar la cabeza a través del cercado perimetral para alcanzar el alimento del potrero colindante, al caer el rayo en el árbol, se dirigirá la corriente eléctrica por el alambre metálico causando la muerte de los animales, incluso si se encuentran a cientos de metros de distancia del lugar de impacto (Imagen 8).



Imagen 8. Muestra los despojos de 2 bovinos que murieron por descarga eléctrica al estar en contacto con el cercado de alambre de púas

Conclusiones

La muerte por rayo en la ganadería bovina es un evento frecuente en México, pocas veces reportado de manera oficial, y en definitiva, un importante factor de pérdidas económicas. El reconocimiento de este tipo de siniestros debe incluir la inspección completa de los despojos, integrando que deben tener el mismo tiempo de descomposición, probable extensión de los miembros, además de reconocer las lesiones presentes en árboles que recibieron el impacto del rayo.

REFERENCIAS.

Matos W. L., Leal A. F., Ferreira E. R., Almeida G. O., Shinkai R., Lopes M. N. (2019). Lightning fatalities in the livestock industry in the Brazilian amazon region (2012-2019). In 2019 International Symposium on Lightning Protection. XV SIPDA, 1-6.

Golde R. H., Lee W. R. (1976). Death by lightning. In Proceedings of the Institution of Electrical Engineers. 123, 10R: 1163-1180.

Gomes C. (2012). Lightning safety of animals. International journal of biometeorology, 56, 1011-1023.

Vanneste E., Weyens P., Poelman D. R., Chiers K., Deprez P., Pardon B. (2015). Lightning related fatalities in livestock: Veterinary expertise and the added value of lightning location data. The Veterinary Journal, 203(1), 103-108.

CEGUERA POR NEUROPATÍA ASOCIADA A INTOXICACIÓN POR FUMONISINA Y ARSÉNICO EN UN HATO BOVINO. REPORTE DE CASO.

*Meza G. F. J., Bautista P. U. J., Rosiles M. R., Martínez R. J. A., González L. R., Quiroz M. M. A, Olguin y B. A. F.

Resumen

Las fumonisinas son compuestos orgánicos de bajo peso molecular clasificados como polihidroxi-alquilaminas de cadena larga, producidas principalmente por el hongo *Fusarium* spp., las cuales se encuentran prevalentemente en el maíz contaminado. El arsénico es un mineral pesado, el cual es considerado un elemento tóxico que se encuentra de forma normal en el agua como consecuencia de la actividad industrial. Los animales pueden estar expuestos a este metal debido a la presencia de agua contaminada y forraje. La presencia de fumonisinas provoca edema en los axones debido a la degeneración de la mielina, lo que a su vez producirá gliosis astrocitaria en los nervios ópticos. La intoxicación con arsénico puede ser aguda y suele tener una alta morbilidad y mortalidad, los signos más comunes son intenso dolor abdominal, marcha tambaleante, debilidad, temblores, salivación, diarrea, pulso débil, postración, atonía ruminal, temperatura normal, coma y muerte. La primera atención contra estas intoxicaciones es la suspensión de su consumo. El presente trabajo reporta la intoxicación por fumonisinas y arsénico en un corral de bovinos de engorda en el estado de Jalisco, los cuales presentaron ceguera repentina.

Introducción

Las fumonisinas son compuestos orgánicos de bajo peso molecular clasificados como polihidroxi-alquilaminas de cadena larga, producidas principalmente por el hongo *Fusarium* spp., que se encuentran prevalentemente en el maíz contaminado. Se han identificado seis análogos distintos de fumonisina (B1, B2, B3, B4, A1 y A2), siendo la B1, la micotoxina más frecuentemente detectada y la que genera mayor toxicidad, estando presente incluso en forrajes como sorgo, soya, entre otros.

Los rumiantes se consideran relativamente resistentes a la fumonisina debido a la degradación de la micotoxina por la microbiota ruminal, en comparación con otras especies como los equinos y porcinos que son susceptibles. Smith y Thakur (1996) determinaron que cerca del 80% de la fumonisina ingerida por el bovino es excretada a través de heces y poco fue encontrada en orina. La B1 provoca leucoencefalomalacia por necrosis licuefactiva de la sustancia blanca del encéfalo en equinos, en ovinos tiene efecto hepatotóxico y nefrotóxico, sin embargo, en bovinos la información disponible sobre la intoxicación es poca y se reporta mayor efecto hepatotóxico, aunque se presume que los efectos en esta especie pueden ser similares a los descritos en otras especies aunque en menor grado, ya que, en diversos casos reportados, se encuentran alteraciones en la bioquímica sanguínea que sugieren daño renal y hepático.

La intoxicación en bovinos se debe a la ingestión de alimentos contaminados con fumonisina y puede tener una presentación subclínica, o presentarse de manera aguda o grave. Por lo que el daño en el organismo y los signos clínicos dependen directamente de la cantidad de toxina ingerida, la duración de la exposición y la susceptibilidad individual del animal.

La intoxicación con arsénico es la segunda intoxicación, después de la intoxicación con plomo, más común en animales domésticos.

El arsénico es un mineral pesado, el cual es considerado un elemento tóxico que se encuentra de forma normal en el agua como consecuencia de la actividad industrial. Los animales pueden estar expuestos a este metal debido a la presencia de agua contaminada y forraje.

La intoxicación por arsénico en el ganado bovino se puede presentar comúnmente de forma aguda o subaguda, principalmente cuando tienen acceso a materiales viejos y oxidados, donde el arsénico puede estar solo o combinado con cromo o plomo, el diagnóstico para este tipo de presentación es complicado y la mayoría de los animales terminan en deceso. Pero también puede haber una forma crónica, la cual se ha observado con mayor frecuencia en bovinos.

Debido a que los signos clínicos presentados son variables y que la mayoría de los animales afectados mueren, el diagnóstico de esta intoxicación se realiza principalmente, por medio de estudios *postmortem*.

Toxicocinética y toxicodinámica

Las fumonisinas son estructuralmente similares a la esfingosina, un componente de los esfingolípidos, que son constituyentes normales de las membranas celulares. El mecanismo de acción propuesto de las fumonisinas es el bloqueo de la biosíntesis de los esfingolípidos, inhibiendo la producción de mielina, promoviendo signología clínica nerviosa. Además, estas micotoxinas inhiben la síntesis de ceramida, con esto, se presenta una acumulación de la enzima esfinganina y esfingosina, que, a su vez, producen un metabolito esfinganina-1-fosfato y esfingosina-1-fosfato, que se acumulan en órganos como riñón, provocando lesiones en este órgano por apoptosis incrementada. En varias especies son hepatotóxicas y nefrotóxicas e intervienen en la actividad mitocondrial induciendo estrés oxidativo.

Las fumonisinas también provocan toxicidad del sistema inmune, afectando el funcionamiento de linfocitos, además de interleucinas, IFN-α e IFN-γ, que predisponen al bovino a padecer otras enfermedades infecciosas.

El arsénico tiene 3 etapas oxidativas y la toxicosis está asociada con la forma trivalente (arsenito) o pentavalente (arseniato). El arsénico trivalente suele ser más toxico que la forma pentavalente, éste inactiva aquellos compuestos intracelulares que contienen sulfhidrilo y por ende, inhibe la fosforilación oxidativa del piruvato y del alfa-cetoglutarato. Por otro lado, la forma pentavalente ocasiona la formación de 1-arseno-3-fosfoglicerato, lo cual evita la liberación de fosfato para la formación de ATP.

Lesiones y signos clínicos

La presencia de fumonisinas provoca edema en los axones debido a la degeneración de la mielina, lo que a su vez producirá gliosis astrocitaria en los nervios ópticos. Al ocurrir la intoxicación crónica, habrá fibrosis del nervio óptico, que dependiendo el grado de reparación por tejido fibroso puede presentarse ceguera irreversible.

Las lesiones neuromusculares se presentan por la misma condición que existe en el SNC, en este caso debido a la necrosis de la sustancia blanca de la médula espinal. Frecuentemente esta signología desaparece o se resuelve al retirar el alimento contaminado, aunque la ceguera puede ser permanente.

Al ser patologías de origen alimentario, los signos clínicos pueden presentarse en más de un bovino del hato.

La intoxicación por fumonisina puede iniciar con hiporexia, ligera depresión, diarrea y disminución en la producción láctea, frecuentemente estos signos no son tan evidentes y no es observado por el productor, además, al examen físico general, las constantes fisiológicas suelen estar normales, aunque se puede encontrar ligera hipotonía ruminal. Conforme progresa la enfermedad, se puede presentar deshidratación, debilidad, postración, incoordinación y ceguera bilateral por el daño al sistema nervioso central. Si el bovino no recibe atención médica finalmente presentará convulsiones, coma y muerte.

Respecto a la intoxicación con arsénico, la presentación aguda suele tener una alta morbilidad y mortalidad, alrededor de un periodo de 2 - 3 días, los signos más comunes que muestran los animales son intenso dolor abdominal, marcha tambaleante, debilidad, temblores, salivación, diarrea, pulso débil, postración, atonía ruminal, temperatura normal, coma y muerte. Por otro lado, en la presentación subaguda, los animales pueden vivir por varios días presentando depresión, anorexia, diarrea acuosa con o sin presencia de sangre, deshidratación, parálisis parcial de miembros posteriores, temblores, extremidades frías y muerte.

En la necropsia, el tracto digestivo puede presentar inflamación, edema, y necrosis de la mucosa, si el animal sobrevive a una fase aguda o subaguda el principal signo clínico es una gastroenteritis. En cuanto a los riñones, se puede observar necrosis renal tubular, pielonefritis supurativa y petequias en la mucosa de la vejiga.

Alteraciones comunes hematológicas y diagnóstico

El metabolismo y la excreción de la fumonisinas son rápidos en la mayoría de las especies animales, por lo que la medición de la concentración sérica no es una medida práctica de la exposición. Los cambios en la química sanguínea indican incrementos en las actividades de las enzimas hepáticas aspartato aminotransferasa (AST), gamma-glutamil transferasa (GGT) y lactato deshidrogenasa (LDH), y niveles elevados de bilirrubina y colesterol séricos. El colesterol sérico se ha empleado como un marcador temprano de la toxicidad de las fumonisinas. En el urianálisis se puede encontrar un incremento en la proteína total así como hematuria.

Los efectos del arsénico promueven un incremento significativo de la actividad de la fosfatasa alcalina, aumento de urea y GGT. con respecto a la determinación de los niveles de arsénico en tejidos, rara vez son de carácter diagnóstico, ya que los arsenicales orgánicos se excretan sin metabolizar por los riñones. Por ejemplo, si un bovino ha permanecido postrado, y por lo tanto no ha consumido alimentos con la fuente de arsénico, durante tres a cinco días, el compuesto tóxico habrá sido expulsado del organismo en su mayor parte y no ser de importancia diagnóstica su determinación.

Medidas Terapéuticas

La primera atención contra estas intoxicaciones es la suspensión de su consumo.

En el caso de las fumonisinas, inducen el estrés oxidativo en la mitocondria, aunque de manera normal son eliminadas por la presencia de radicales libres aeróbicos por la misma respiración mitocondrial. Por lo tanto, el administrar sustancias antioxidantes puede ayudar a eliminar la toxina, como la aplicación de N-acetilcysteína en combinación con vitamina E y selenio, de igual manera la administración de protectores y estimulantes hepáticos con ácido genabílico.

El tratamiento para la intoxicación con arsénico se basa en la administración de antídotos como el tiosulfato de sodio (20-40 mg/kg IV cada 8 hrs o 80 mg/kg PO cada 24 hrs), fluidos intravenosos, laxantes, antiinflamatorios y probióticos.

Caso clínico.

Reseña e historia clínica

En una unidad de producción pecuaria de doble propósito ubicada en el municipio de Jocotepec en el estado de Jalisco, se presentó ceguera repentina en 12 toretes de engorda de aproximadamente 1.5 años de edad de diferentes razas, esta ceguera se presentó en un periodo de dos días. Dentro del corral de engorda se encontraban 18 toretes en fase de finalización lotificados por peso, de los cuales sólo 6 no presentaron ninguna sintomatología.

A la atención con el propietario, menciona que los animales afectados en el inicio del cuadro presentaron ceguera de manera aguda, incoordinación y resistencia al arreo, primero negándose al movimiento, seguido por excitación y provocando que los animales chocaran con los tubos del corral. Algunos bovinos presentaron unos días después un cuadro digestivo, con diarrea sanguinolenta (melena), signos clínicos neurológicos, marcha tambaleante y temblores. A los animales afectados se les administró meglumina de flunixin a dosis de 2.2 mg/kg y ácido genabílico a dosis de 5 mg/kg por tres días. Además de retirar la dieta y la fuente de agua.

Los manejos que se realizan en la unidad producción son vacunación y desparasitación cada seis meses, la alimentación es a base de maíz rolado, pasta de canola, minerales, rastrojo con maíz y melaza. Los animales al ser introducidos a los corrales de engorda se les aplica por vía parenteral vitaminas ADE, minerales por vía subcutánea (Cu, Zn, Se, Mn) y un implante subcutáneo a base de 140 mg de Acetato de Trenbolona y 20 mg de Benzoato de Estradiol.

Examen físico general

Se realizó la revisión de 12 toretes, los cuales se encontraban en estado de alerta y con exoftalmia. Presentan frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal sin alteraciones. Se encuentran con ceguera bilateral, deshidratación, incoordinación al caminar, temblores musculares, y ligera parálisis de miembros posteriores, salivación, diarrea acuosa y con presencia de sangre. Tres de los animales afectados presentaron convulsiones y postración.

Hemograma y bioquímica sanguínea.

Se colectó muestra de sangre de uno de los bovinos y se mandó al laboratorio de patología clínica. (Imagen 1)



CENTRO ANALITICO VETERINARIO

M.V.Z. MANUEL VICENTE RAMIREZ

BIOMETRIA HEMATICA Y QUIMICA BOVINO

IDENTIFICACION	3304
CLINICA	CLINICKAN
MVZ	ALEJANDRA ABUNDIS
FECHA	23 de marzo de 2023

	RESULTADOS	NORMALES
LEUCOCITOS	2.70	4.0- 12.0 x10/3
GLOBULOS ROJOS	7.42	5.0- 10.0 x10/6
HGB	12.70	8.0 - 14 g/dl
HCT	28.30	26 - 45 %
MVC	38.00	40 -60 fl
MCH	17.10	11.0 -17.0 pg/dl
MCHC	35.00	28-36 %
PLAQUETAS	895000	175 -620 x10/3

MICROSCOPIA		ABSOLUTOS
LEUCOCITOS	2700	
LINFOCITOS	40%	1080
MONOCITOS	0%	0
EOSINOFILOS	0%	0
BASOFILOS	0%	0
N. TOTALES	9%	243
BLASTOS	0%	0
PROMIELOCITOS	0%	0
MIELOCITOS	0%	0
METAMIELOCITOS	0%	0
N. BANDA	1%	27
SEGMENTADOS	0%	0

QUIMICA		
GLUCOSA	77 mg/dl	45 - 75 mg/dl
UREA	112 mg/dl	15 - 45 mg/dl
CREATININA	3.0 mg/dl	1 - 2 mg/dl
TGP-ALT	170 U/l	20 - 90 U/l
TGO-AST	90 U/l	80 - 130 U/l
B. TOTAL	1.3 mg/dl	menor 1,0 mg/dl
B. DIRECTA	0.80 mg/dl	0,4 - 0,7 mg/dl
B. INDIRECTA	0.50 mg/dl	0,3 - 0,6 mg/dl
P. TOTALES	6.0 g/dl	6.5 - 8,0 g/dl
ALBUMINA	4.0 g/dl	3.0 - 3.6 g/dl
GLOBULINA	2.0 g/dl	3.0 - 3.5 d/dl
FOSFATASA ALCALINA	24 U/l	100 - 200 U/l
GGT	30.0 U/l	7 - 27 U/l
COLESTEROL TOTAL	43 mg/dl	75 - 175 mg/dl

*Los estudios de laboratorio son pruebas biológicas, por lo tanto estan expuestas a variaciones por diversos factores como alimentacion, sustancias, horario, ejercicio, medicamentos, almacenamiento, etc. Para una adecuada interpretacion, los resultados deberan ser evaluados en conjunto con la información clínica y otros parametros de laboratorio y gabinete.

MVZ. MANUEL VICENTE RAMIREZ
Ced Prof 7013214
ISLA TRAPANI # 3239 VILLA GUERRERO GDL JAL.

Imagen 1. Muestra el resultado del hemograma y bioquímica sanguínea.

Como interpretación en el hemograma se encontró leucopenia por linfopenia asociada a estrés, volumen corpuscular medio ligeramente disminuido y trombocitosis que pueden estar asociado a procesos infecciosos, anemia hemolítica o melena.

Química sanguínea

En la bioquímica sanguínea se encontró ligera hiperglucemia que asociamos al cuadro de estrés por la enfermedad.

Urea y creatinina incrementada, podría mostrar de daño renal, sin embargo, no se determinó la densidad urinaria, por lo que no se podría descartar si se trata de una hiperazotemia prerrenal, renal o postrenal.

ALT: incrementada, al ser una enzima estructural y relacionarla con la GGT y la bilirrubina directa, se relaciona con una ligera colestasis por ayuno prolongado, lo que explicaría la disminución en el colesterol, por disminución en el consumo de alimentos.

Albúmina incrementada: podría ser explicada por una ligera deshidratación, lo que a su vez provocaría la hiperazotemia. Por otro lado, al estar cercano el resultado del hematocrito al valor marginal, podría explicar que además de deshidratado, presenta anemia, lo que se relaciona con un valor del volumen corpuscular medio ligeramente disminuido.

En general, los resultados del hemograma y bioquímica sanguínea los asociamos a estrés, ayuno prolongado y anemia.

Toxicología.

Se remitieron muestras de alimento (de una dieta totalmente mezclada) y agua al laboratorio de toxicología de la FMVZ – UNAM, donde a través del uso de luz negra se encontró fluorescencia amarillenta únicamente en el maíz rolado presente en el alimento, sugerente a la presencia de *Fusarium* spp.

En el análisis de minerales en el agua y alimento, se identificó la presencia de algunos minerales en bajas cantidades, sin embargo, las concentraciones de arsénico fueron de 1,268 ng/g de agua y de 1,247 ng/g de alimento.

Discusión y conclusiones.

A través de la signología clínica en los bovinos afectados y los resultados de los análisis del laboratorio se determinó que los bovinos tuvieron una intoxicación conjunta con arsénico y fumonisinas. A pesar de que no provoca la muerte de los bovinos, la ceguera es irreversible, por lo que se podría considerar la eutanasia por deficiencia en el bienestar animal.

Como antecedente, ya se habían reportado casos similares en la región, donde los animales presentaban ceguera bilateral y diarreas acuosas, en los exámenes físicos las constantes fisiológicas se encontraban sin alteraciones. En estos casos y por petición de los propietarios no se llegó a un diagnóstico definitivo y los animales fueron enviados a rastro.

Es importante medidas de bioseguridad, así como el uso de secuestrantes de micotoxinas en la ración y pruebas rutinarias en el agua de bebida para monitorear la presencia de metales pesados. Llevar a cabo estas medidas cautelares y llegando a diagnósticos y tratamientos oportunos nos permitirá reducir las pérdidas.

Referencias

- Braman R. S. Applications of arsine evolution methods to environmental analyses. Environmental Health Perspectives. 1977 https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.7719183
- Chen J., Wei Z., Wang Y., Long M., Wu W., Kuca K. Fumonisin B1: Mechanisms of toxicity and biological detoxification progress in animals. Food and chemical toxicology, 2021, 149, 111977.
- Jackson L. Fumonisins in Food, Plenum Press, New York, 1996, pp. 39-55
- Mandal P. An insight of environmental contamination of arsenic on animal health. Emerging Contaminants, 2017. Volume 3, Issue 1, ISSN 2405-6650, https://doi.org/10.1016/j.emcon.2017.01.004.
- Scott P. M. Recent research on fumonisins: a review, Food Additives & Contaminants: Part A, 2012, 29:2, 242-248
- Voss K. A., Smith G. W., Haschek W. M. (2007). Fumonisins: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. Animal feed science and technology, 2007, 137(3-4), 299-325.

CÉLULAS SOMÁTICAS, LACTOSA, PROTEÍNA Y GRASA EN LECHE DE VACAS DE UNIDADES PRODUCTIVAS DE DOBLE PROPÓSITO EN EL TRÓPICO.

Aguilar M.C.U., Rivera A.S.C., Rueda B.J.A., Valdez M.G, Bautista O.M.J., Valenzuela J.N.*

Resumen

El objetivo de los sistemas de producción de leche debe ser el proporcionar leche segura, saludable y de alta calidad nutricional para los consumidores; cualquier falla en el manejo de la leche, desde el ordeño de la vaca hasta el consumidor, contribuye a reducir su calidad. Las vacas con mastitis subclínica son fuente de infección para otras vacas, disminuyendo la producción y la calidad nutricional e higiénica de la leche. El objetivo de este trabajo fue evaluar el conteo de células somáticas y su posible relación con las concentraciones de lactosa, proteína y grasa en leche de vacas de unidades de doble propósito de Loma Bonita, Oaxaca. El estudio consistió en evaluar las características fisicoquímicas de la leche y su probable relación con el conteo de células somáticas en la misma, en seis unidades productivas de doble propósito (n=151). Para la medición de grasa, proteína y lactosa, se utilizó un analizador electrónico por ultrasonido. Para el conteo de células somáticas, se utilizó un contador automático de células somáticas. Adicionalmente se evaluó la prevalencia de mastitis subclínica mediante la prueba de California en los seis meses muestreados. Para el análisis, se colocó una mezcla de leche de los cuatro cuartos de cada vaca de las seis unidades de producción, muestreándose mensualmente un total de 151 animales durante seis meses. Las variables de composición fisicoquímica y conteo de células somáticas promedio de los seis meses, se analizaron con ANDEVA y mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, la asociación entre la composición fisicoquímica y conteo de células somáticas se evaluaron mediante un análisis de correlación lineal de Pearson $P<0.001$. La prevalencia de mastitis subclínica total por vaca durante los seis meses fue de 20.8%. Se observó que la grasa, la lactosa y la proteína de la leche evaluada en esos seis meses disminuyen a medida que incrementan las células somáticas. Aunque estas variables pueden ser afectadas por diversos elementos y no solamente por la mastitis subclínica, se observa un efecto que puede ser atribuible principalmente a la presencia de esta enfermedad en los animales. Se concluye que el incremento en el número de células somáticas en leche se relaciona con la disminución de lactosa, grasa y proteína en las unidades de producción muestreadas.

Introducción

El objetivo de los sistemas de producción de leche debe ser el proporcionar leche segura, saludable y de alta calidad nutricional para los consumidores; cualquier falla en el manejo de la leche, desde el ordeño de la vaca hasta el consumidor, contribuye a reducir su calidad. De acuerdo con la FAO (FAO, 2022), la leche cruda de buena calidad debe estar libre de residuos o sedimentos, tener un ligero sabor dulce, no insípida, ni tener color u olor anormal, tener un contenido de bacterias muy bajo, no debe contener sustancias químicas alterantes como conservadores, antibióticos o detergentes, y debe tener una composición nutricional y acidez normal y también debe de provenir de animales sanos. Los parámetros de la calidad de la leche pueden agruparse en dos puntos principales, la calidad nutricional (composición fisicoquímica) y la calidad higiénica o sanitaria

* *Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez nicolas_val@yahoo.com , nvalenzuela@unpa.edu.mx Tel. 55 19 39 17 68 Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca Av. Ferrocarril s/n, CD. Universitaria, Loma Bonita, Oax., México C.P. 68400

(inocuidad). La primera se refiere a que esta debe de cumplir con los parámetros fisicoquímicos promedio para la leche de la especie que se trate. Normalmente, la leche entera de vaca contiene aproximadamente un 87% de agua, y el 13 % restante contiene proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales y son llamados sólidos totales (Agudelo y Bedoya, 2005; Haug et al., 2007). La leche de calidad, destinada al consumo humano deberá contener una cantidad mínima de 3,0 % de grasa, 3,0% de proteína cruda, 2.4 % de lactosa y 8,3% de sólidos no grasos (FAO/OMS, 2009; SCFI, 2012).

La calidad higiénica de la leche se refiere a su idoneidad para su consumo o procesamiento, además de considerar también, el estado de salud de las vacas y la cantidad de bacterias presentes como consecuencia de su manejo durante el ordeño, el almacenamiento y el transporte. El parámetro principal utilizado de forma rutinaria a nivel nacional e internacional para conocer el estado de salud de la ubre, es el conteo de células somáticas, que considera la cantidad de células inflamatorias provenientes de la sangre y las células epiteliales que se desprenden del tejido de la ubre, cuando están presentes.

Tanto las características fisicoquímicas, como las sanitarias de la leche, pueden ser afectadas por múltiples factores que modifican sus componentes, por ejemplo, la salud de la ubre y elementos relacionados con la higiene y manejo durante el proceso del ordeño, dónde puede haber contaminación de la leche por agentes químicos, físicos o biológicos (Heer, 2007; Martínez et al., 2011). Otras fuentes de contaminación de la leche pueden estar presentes en el manejo del hato, presencia de patógenos ambientales y patógenos infecciosos en vacas enfermas de mastitis. Esta inflamación de la glándula mamaria, puede ser causada por un trauma físico o infecciones por microorganismos, y conduce a pérdidas económicas en los ranchos lecheros, debido a la reducción del rendimiento y la mala calidad de la leche, además de ser una fuente de patógenos transmitidos por los alimentos (Seegers et al., 2003). La gravedad de la mastitis está determinada principalmente por la naturaleza del patógeno invasor y los mecanismos naturales de resistencia disponibles para la vaca y, en cierta medida, por el estrés que las prácticas de ordeño y los factores ambientales ejercen sobre la glándula mamaria.

De acuerdo a sus signos clínicos, la mastitis bovina puede clasificarse en dos tipos: mastitis clínica y mastitis subclínica. La mastitis clínica es una afección grave en la que las etapas locales y sistémicas de la inflamación son evidentes, el enrojecimiento, el calor, dolor y aumento de tamaño de las áreas afectadas, pérdida de apetito, en ocasiones fiebre, la reducción de la producción de leche y los cambios en su composición y apariencia física. En casos severos, se observan secreciones anormales del pezón, como coágulos de sangre (Khan y Khan, 2006). La mastitis clínica también puede clasificarse como mastitis hiperaguda, aguda y subaguda, según la gravedad de los síntomas y el tiempo de evolución (Constable et al., 2017). Por otra parte, la mastitis subclínica también es un proceso inflamatorio de la glándula mamaria, pero que no puede distinguirse a simple vista, ya que no produce cambios aparentes en la glándula mamaria de la vaca, ni en la leche secretada. Al no poder ser diagnosticada a simple vista, este tipo de mastitis genera grandes problemas para el productor, debido a que las la disminución de la producción y calidad de la leche producida, teniendo como consecuencia, graves pérdidas económicas (Nagasawa et al., 2018). En algunas investigaciones se ha observado que la disminución en la producción de leche por mastitis subclínica puede llegar a ser hasta de un 70% (Magariños, 2000). Además de las pérdidas económicas por gastos médicos veterinarios, medicamentos, tiempo de retiro de los antibióticos en leche, o rechazos por mala calidad. En hatos lecheros, se le atribuye a la mastitis subclínica la mitad de los gastos de salud, y los productores que comercializan la leche de vaca a grandes empresas lecheras pierden los incentivos que ofrecen dichas empresas, debido a la alta cantidad de células inflamatorias por la mastitis (Halasa, 2012).

Para la detección de la mastitis subclínica, es necesario que se lleven a cabo pruebas de diagnóstico, para identificar a los animales enfermos, y así poder llevar un tratamiento y control, antes de que la enfermedad se agrave, se contagien más vacas, y cause mayores pérdidas productivas (Moreno et

al., 2017). Como consecuencia de la colonización y el crecimiento bacteriano, son liberados productos inflamatorios del epitelio dañado, que conducen al reclutamiento de leucocitos de la sangre, su paso a la leche y la infiltración del tejido de la glándula. Esta migración de células inmunitarias, más la descamación del epitelio de la glándula, da como resultado un aumento en el número de células somáticas en la leche y va acompañado de una disminución de la producción, según la gravedad del proceso. En la leche de glándulas mamarias sanas, el número de CS mantiene un nivel bajo o basal, con 200 000 a 250 000 células/mL de leche, cantidad que se considera normal (Williamson et al., 2022).

Ya sea que se acompañe o no de signos clínicos, una reacción inflamatoria causada por infecciones del tejido mamario siempre se asocia con un aumento en el conteo de células somáticas en la leche, y, por lo tanto, es la herramienta más comúnmente utilizada para monitorear la salud de la ubre y la calidad de la leche (Williamson et al., 2022). Otros indicadores de mastitis subclínica incluyen el aumento de la población bacteriana en la leche, la disminución de la producción de leche y el cambio en la composición y calidad de la misma (Antanaitis et al., 2021). Se ha determinado que el aumento en el recuento de células somáticas se relaciona con la disminución de algunos componentes de la leche, tales como la lactosa, y con la presencia de agentes causantes de mastitis subclínica bovina (Antanaitis et al., 2021). Es necesario entonces, conocer que tanto se relaciona el conteo de células somáticas en leche, con algunos de sus componentes como la lactosa, la proteína y la grasa, en e unidades productivas de doble propósito en el trópico.

Material y Métodos

El estudio fue realizado en seis unidades de producción de leche con ganado de doble propósito de comunidades Loma Bonita, que se encuentra al norte del estado de Oaxaca, en la región del Papaloapan, localizada a 18° 06′ latitud norte y 95° 53′ longitud oeste, a 30 msnm. Esta región tropical, tiene un clima clasificado como cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (García, 2004), con una temperatura media de 25.7 °C y con una precipitación pluvial anual de 1,802 mm.

Durante seis meses, se analizaron seis unidades de producción de doble propósito con un solo ordeño al día y apoyo del becerro para estimular la bajada de la leche, siendo un total de 151 animales analizados. Todos los animales incluidos en el estudio estaban clínicamente sanos, sin afectaciones aparentes y producían leche de apariencia normal.

El estudio consistió en evaluar las características fisicoquímicas de la leche y su probable relación con el conteo de células somáticas en la misma, en seis unidades productivas de doble propósito (n=151).

Para lograr lo anterior, se visitaron las seis unidades de producción y justo antes de comenzar el ordeño se realizó la prueba de California para la detección de mastitis subclínica. Inmediatamente después, se procedió a la toma de muestras de 50 mL de leche de cada pezón, en bolsas estériles de plástico. La toma de muestras y la prueba de California se llevaron a cabo acoplándose al manejo rutinario de la ordeña en cada uno de los ranchos. Una vez tomadas las muestras, fueron colocadas en una hielera y transportadas al laboratorio Químico-biológico de la Universidad del Papaloapan, para su análisis dentro de las primeras seis horas inmediatas al ordeño.

El procedimiento de la prueba de California se llevó a cabo de acuerdo a las recomendaciones establecidas por Ávila (1995), y para su interpretación, se contempló la escala de Moroni et al. (2018) que consta de cinco grados. Las muestras de leche por vaca fueron analizadas en el laboratorio mediante el uso de un analizador automático de células somáticas para obtener dicho conteo, todas las muestras se analizaron por triplicado. Para el análisis, se colocó una mezcla de los cuatro cuartos de cada vaca, de 10 mL de leche previamente filtrada.

Para la medición de las características fisicoquímicas, se utilizó un analizador electrónico por ultrasonido, que mide los siguientes parámetros: grasa, proteínas, solidos no grasos, densidad, punto de congelación, lactosa, pH, temperatura y conductividad. Cada muestra fue analizada por triplicado para eliminar la posibilidad de error en las mediciones individuales. La metodología se llevó a cabo de acuerdo a lo recomendado por el proveedor y para el análisis se utilizaron 10 mL de leche a temperatura de 25° C y dentro de las primeras 6 h de recolectadas.

Para el análisis estadístico, las variables de composición fisicoquímica y conteo de células somáticas promedio de los seis meses, se analizaron con un análisis de varianza factorial 6 * 6 y mediante la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS (2008). La asociación entre la composición fisicoquímica y conteo de células somáticas se evaluaron mediante un análisis de correlación lineal de Pearson P<0.001

Resultados

Se encontró una prevalencia general de mastitis subclínica promedio durante los seis meses en los seis ranchos de 20.8 %.

Características fisicoquímicas de la leche y su relación con el conteo de células somáticas:

El contenido de sólidos no grasos, proteína, grasa, lactosa, densidad y acidez de la leche de las seis unidades de producción (promedio de los seis meses) se reportan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas promedio de la leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Rancho	Prot	Lac	Gra	SNG	Den	AT
1	3.29b	4.76ab	1.87	8.67 a	1,030b	17.07 a
2	3.37a	4.87ab	2.61	8.87 b	1,031a	16.58 a
3	3.29b	4.79ab	1.76	8.80 c	1,030ab	15.05 b
4	3.28b	4.74b	1.68	8.67 a	1,030b	15.07 b
5	3.26b	4.77ab	2.02	8.66 a	1,030ab	16.34 a
6	3.29b	4.92a	2.47	8.77 cd	1,029b	16.28 a
Promedio ± ee	3.30± 0.01	4.81± 0.03	2.07± 0.11	8.74± 0.04	1,030± 0.19	16.04± 0.35

Porcentaje de proteina (Prot), lactosa (Lac), grasa (Gra) y sólidos no grasos (SNG); densidad [Den (g/mL)] y acidez titulable en grados Thörner [AT(°Th)].

ab Diferente literal en la misma columna indica diferencia estadística (p<0.05)

Aunque los cambios en estas variables pueden ser afectados por diversos factores y no solamente por la mastitis subclínica, al realizar el análisis de correlación entre el conteo de células somáticas con las cantidades de lactosa, grasa y proteína de las seis unidades de producción, se observa un

efecto que puede ser atribuible principalmente a la presencia de la mastitis subclínica en los animales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de coeficientes de correlación (r) de las características fisicoquímicas y de células somáticas de la leche de unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca (promedio de los seis meses).

	Prot	***Lac***	***Gra***	***SNG***	***Den***	***AT***	***CS***
Prot	**1**						
Lac	0.506	1					
Gra	0.669	0.893	1				
SNG	0.681	0.711	0.561	1			
Den	0.670	-0.223	0.115	0.179	1		
AT	0.275	0.284	0.535	-0.141	0.115	1	
CS*	**-0.495**	**-0.145**	**-0.365**	**-0.374**	**-0.667***	0.200	1

Prot = proteina, Lac = lactosa, Gra = grasa y SNG = sólidos no grasos (SNG); Den = densidad y AT = acidez titulable y CS = células somáticas.

Se observa que, a medida que se incrementan el número de células somáticas en leche, disminuyen parámetros importantes como la lactosa (Figura 1), grasa (Figura 2) y proteína (Figura 3).

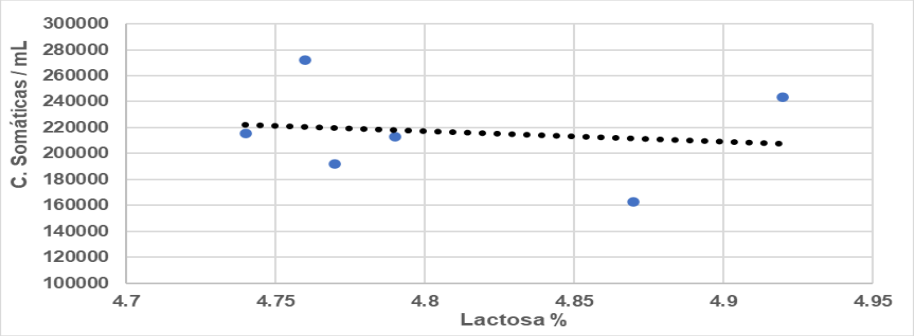


Figura1. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de lactosa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

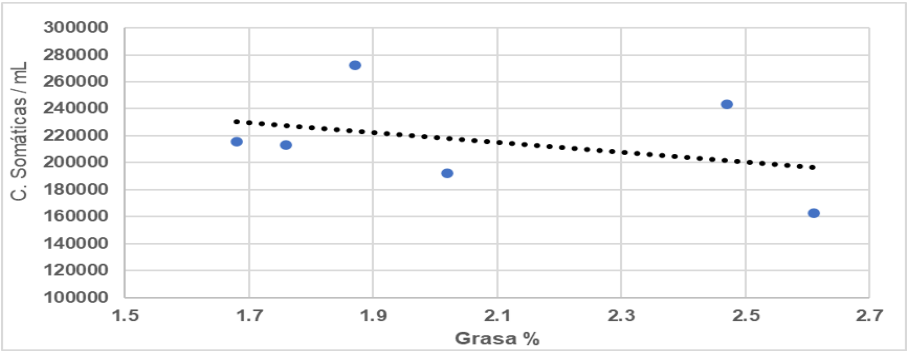


Figura 2. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de grasa y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

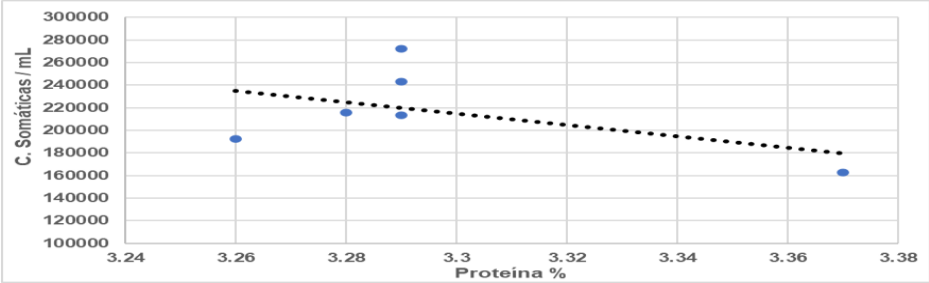


Figura 3. Relación (línea de tendencia negativa) de los niveles de proteína y las células somáticas en leche de seis unidades productivas de Loma Bonita, Oaxaca.

Discusión y Conclusiones

La prevalencia total de mastitis subclínica en las unidades de producción incluidas en este estudio, durante los seis meses, es baja en comparación con prevalencias halladas en un estudio realizado en Loma Bonita, en la comunidad de Arroyo Metate (Robles, 2019), donde el autor reporta una prevalencia total de 60.8 %, con variación dentro de los ranchos y los meses desde 21 hasta 100 %. En dicho estudio se analizaron 4 unidades productivas de una misma comunidad, donde el manejo y los factores de riesgo para la presentación de mastitis subclínica pueden ser muy similares, mientras en el presente estudio, se analizaron seis unidades productivas de cuatro comunidades diferentes, dónde el manejo y los factores de riesgo pudieron tener mayor variación, como se muestra con las encuestas y observaciones en campo, más adelante. Asimismo, en un estudio realizado en la zona centro de Veracruz (Velázquez et al., 2018), se encontró una prevalencia de mastitis subclínica de 29 %, lo que es ligeramente superior a lo encontrado en el presente estudio; de igual manera, Bedolla y Ponce de León, (2008), mencionan datos de prevalencias también en Veracruz, pero en Playa Vicente, a sólo unos pocos kilómetros de Loma Bonita Oaxaca, ellos mencionan que la prevalencia de mastitis subclínica en esta zona es muy variable fluctuando entre 33 y el 100% en la época de lluvias, y de 4 al 39%. en el resto del año. Por otro lado, en general, al comparar los promedios de grasa, lactosa y proteína entre ranchos o unidades productivas, se observan diferencias en casi todas las variables, principalmente en grasa y lactosa. Estas diferencias entre productores, pueden estar dadas por múltiples factores, siendo la alimentación un factor clave, que puede cambiar entre rancho y rancho y verse afectada por la disponibilidad o cambios en la calidad de forrajes en cada mes; además de diferencias en el manejo sanitario entre cada rancho y la raza o grado de cruzamiento de los animales ordeñados en los mismos.

Los cambios negativos en estas variables de la leche, relacionadas a un incremento en el número de células somáticas, puede deberse a cambios en la homeostasis de las glándulas mamarias durante la infección por agentes causantes de mastitis, dado que existe un daño a las células epiteliales alveolares (Berglund *et al.,* 2007).

En el caso de la grasa, la mastitis generalmente provoca una disminución en su porcentaje en la leche y un cambio en su composición de ácidos grasos de la misma, aunque la disminución en el porcentaje de grasa suele ser menor a causa de la mastitis que la observada para la lactosa o la caseína (Kitchen, 1981; Coulon *et al.,*2002), lo que no concuerda con los resultados del presente

trabajo, ya que la correlación negativa es mayor entre células somáticas y grasa (r = -0.365) que entre células somáticas y lactosa (r = -0.145); aunque la grasa en leche puede ser afectada por múltiples factores como la raza de los animales, y la alimentación, incluso se ha reportado que el contenido de grasa de la leche puede variar entre ordeños de la misma vaca, esté enferma o no (Linn, 1988). De igual manera, ha sido reportado que en casos de mastitis subclínica hay un aumento de las proteínas de la leche (Auldist y Hubble, 1998), contrario a lo que sucedió en este estudio, dado que hubo una correlación negativa entre el número de células somáticas y la proteína (r = - 0.495). Sin embargo, el contenido de proteína en la leche cruda también puede ser afectado por varios factores, incluida la etapa de lactancia, la nutrición y la enfermedad. Además, la leche con alto contenido de células somáticas, posee un nivel elevado de enzimas indeseables como lipasas y proteasas (Li *et al.,* 2014), lo que puede afectar el porcentaje de grasa y proteína de la leche.

Se concluye que las características nutricionales de la leche producida en las unidades de producción analizadas, se encuentra dentro de los parámetros normales de la leche de vaca, en todos sus componentes, excepto en la cantidad de grasa que estuvo en promedio por abajo de lo ideal. Además, en las unidades de producción estudiadas, el incremento en el número de células somáticas en la leche de los animales analizados, se relaciona negativamente con la disminución de lactosa, proteína y grasa, es decir, que afecta negativamente la calidad nutricional de la misma.

Literatura citada

Agudelo-Gómez D.A., Bedoya-Mejía O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación. 2(1):38-42.

Antanaitis, R., Juozaitienė, V., Jonike, V., Baumgartner, W., Paulauskas, A. 2021. Milk Lactose as a Biomarker of Subclinical Mastitis in Dairy Cows. Animals. 10;11(6):1736.

Auldist, M.J.; Hubble, I.B. 1998 Effects of mastitis on raw milk and dairy products Aust. J. International Journal of Dairy Technology. 53(1): 28-36.

Bedolla, C.C; Ponce de León, M.E.R. 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. Revista Electronica de Veterinaria. 9(4):1-26. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/636/63611952010.pdf Consultado el: 03 de marzo de 2023.

Berglund, I., Pettersson G., Östensson K., Svennersten-Sjaunja K. 2007. Quarter milking for improved detection of increased SCC. Reproduction in Domestic Animals. 42(4):427-432. doi: 10.1111/j.1439-0531.2006.00803.x.

Constable, P.; Hinchcliff, K.W.; Done, S.; Gruenberg, W. 2016. Veterinary medicine: a
text book of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. 11ed. Saunders, Philadelphia, PA, USA. 1,918 p.

Coulon JB, Gasqui P, Barnouin J, Ollier A, Pradel P, Pomiès D. 2002. Effect of mastitis and related-germ on milk yield and composition during naturally occurring udder infections in dairy cows. Animal Research. 51:383-393.

Echeverri, Z. J. J., Jaramillo, M. G., Restrepo, B. L. F. 2010. Evaluación corporativa de dos metodologías de diagnóstico de mastitis en un hato lechero del departamento de Antioquia. Revista Lasallista de Investigación. 7(1)49-57.

Fagundes, H., Pompeu, L.D., Corassin, C.H., Oliveira, C.A.F. 2011. Microbiological analysis and somatic cell counts in raw milk from farms of São Paulo State, Brazil. African Journal Microbiology Research. 5:3542-3545.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. Portal lácteo. Disponible en: https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/ Consultado el: 11/09/2022.

FAO/OMS (Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion/Organizacion Mundial de la Salud) 2009. Codex Alimentarius: Producción de alimentos de origen animal. Roma, Italia. 2da edición, pp 187 -190.

Halasa, T., Huijps, K., Osteras, O., Hogeveen, H. 2007. Economics effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. Veterinary Quarterly. 29 (1):18-31.

Haug, A., Høstmark. A.T., Harstad, O.M. 2007. Bovine milk in human nutrition - A review. Lipids in Health and Disease. 6:25:1-16. DOI: 10.1186/1476-511X-6-25

Heer, E. G. 2007. Microbiología de la leche. Catedra de la tecnología de la leche. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad Nacional de Litoral. Santa Fe, Argentina. Disponible en: https://docplayer.es/4014054-Facultad-de-ciencias-veterinarias-unl-catedra-de-tecnologia-de-la-leche-microbiologia-de-la-leche-ano-2007-dr-geronimo-e-heer.html. Consultado el: 3 de febrero del 2023.

Khan, M., Khan, A. 2006. Basic facts of mastitis in dairy animals: A review. Pakistan Veterinary Journal. 26(4):204-208.

Kitchen, B. J. 1981. Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. Journal Dairy Research. 48(1):167-168.

Li, N., Richoux, R., Boutinaud, M., Martin, P., Gagnaire, V. 2014. Role of somatic cells on dairy processes and products: A review. Dairy Science Technology. 94(6):517-538. doi: 10.1007/s13594-014-0176-3.

Magariños, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Organización de los Estados Americanos, Mixco GTZ, Guatemala. Disponible en: http://portal.oas.org/LinkClick.aspx?fileticket=wlyuTwR3IEc%3D Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Martínez, L. R., Tepal, C. J. A., Hernández, A. L., Escobar, R. M. C., Amaro, G. R., Blanco, O. M. A. 2011. Mejoramiento de la calidad higiénico sanitaria de la leche de vaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cuajimalpa, México. 63 p.

Moreno, A.A., Mira, H.J., Posada, A. S. 2017. Tópicos en mastitis bovina: desde la etiología hasta algunas terapias alternativas. Corporación Universitaria Lasallista.6(1):42-58.

Nagasawa, Y., Kiku, Y., Sugawara, K., Tanabe, F., Hayashi, T. 2018. Exfoliation rate of mammary epithelial cells in milk on bovine mastitis caused by Staphylococcus aureus is associated with bacterial load. Animal Science Journal, 89(1):259-266. doi: 10.1111/asj.12886.

Robles, R.J.L. 2019. Prevalencia de mastitis subclínica bovina y factores asociados en unidades productivas de la localidad de Arroyo Metate, Loma Bonita, Oaxaca (Tesis de Licenciatura). Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca, México. 25-58 pp.

SAS. Statistical Analysis System. 2008. Statistical Analysis System (SAS/STAT Program, Version 9.1). SAS Institute Inc., Cary, NC.

Seegers, H., Fourichon, C., Beaudeau, F. 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. Veterinary research, 34(5):475-491

Velázquez, S.F., Pino, R.J.M., Lagunes, R.C., Vanoye, F.F., Estrada, C.A.T. Juárez, L.F.I. 2018. Prevalencia de mastitis en hatos lecheros familiares del estado de Veracruz. Avances de la Investigación sobre la Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanova-Lugo/publication/325807244_Avances_de_la_investigacion_sobre_produccion_animal_y_seguridad_alimentaria_en_Mexico/links/5b578a9e0f7e9bc79a609bc8/Avances-de-la-investigacion-sobre-produccion-animal-y-seguridad-alimentaria-en-Mexico.pdf Consultado el: 06 de marzo de 2023.

Visciano, P., Schirone, M. 2022. Assessment of Quality and Safety Criteria of Raw Milk Samples from Different Dairy Farms. Microbiological Research. 13(3):620–625. Doi: https://doi.org/10.3390/microbiolres13030044

Williamson, J.; Callaway, T.; Rollin, E.; Ryman, V. 2022. Association of Milk Somatic Cell Count with Bacteriological Cure of Intramammary Infection—A Review. Agriculture. 12(1):1-18. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/agriculture12091437

HERNIA UMBILICAL ENCARCELADA EN UN BECERRO DE TRES MESES. REPORTE DE CASO

[*]Martínez R. J. A., Quiroz M. M. A.

Resumen

Las hernias umbilicales pueden ser congénitas o adquiridas y han aumentado su frecuencia en los hatos lecheros. Las hernias están formadas por un anillo herniario, un saco herniario y el contenido o continente. Las hernias umbilicales se clasifican en no complicadas y complicadas, esto depende del contenido en su interior. El tratamiento de las hernias umbilicales depende de la clasificación de ésta, pudiendo ser desde un vendaje hasta una cirugía.

El presente trabajo muestra el caso clínico de un becerro de 3 meses de edad con una hernia umbilical encarcelada, su tratamiento médico y quirúrgico, así como la resolución del caso.

Introducción

El cordón umbilical es un órgano transitorio, el cual no tiene función después del parto, por lo que después del nacimiento se seca y se desprende.

Una hernia puede ser clasificada de acuerdo a su estructura, contenido y ubicación anatómica, y es la protrusión del contenido de una cavidad del cuerpo a través de una abertura congénita o adquirida.

Una hernia abdominal está compuesta por un anillo herniario, el cual se compone de los músculos abdominales, a través de los cuales pasa el contenido del abdomen y el peritoneo. Un saco herniario, que tiene un saco exterior compuesto por piel y un saco interior compuesto por el peritoneo. Y por último, el contenido, el cual puede ser grasa, epiplón o en hernias grandes, segmentos del intestino, hígado, útero o vejiga.

Las hernias umbilicales son frecuentes en becerros y se deben a la salida de órganos de la cavidad abdominal a través del anillo umbilical y que están envueltos por el peritoneo parietal. Esto se debe a una aponeurosis débil de los músculos abdominal transverso y oblicuo abdominal o a un cierre defectuosos de la cavidad abdominal.

Las hernias umbilicales presentan a su vez otra clasificación, pudiendo ser no complicadas, con infección o absceso subcutáneo o bien con infección en el remanente umbilical. Muchos becerros pueden vivir con hernias umbilicales sin problema alguno porque no son dolorosas y disminuyen cuando se palpan, pero existe el riesgo de que una parte del intestino se introduzca dentro de la hernia y se estrangule, a esto se le conoce como hernia estrangulada o encarcelada y es una emergencia quirúrgica.

Las hernias estranguladas son sumamente dolorosas debido a que todo el suministro de sangre a la parte afectada del intestino se encuentra comprometida. Esto ocasionará acúmulo de gas dentro del intestino y si no es tratado producirá necrosis del tejido afectado. Los principales signos clínicos de estas hernias son saco herniario caliente, hinchado, firme y doloroso y signos de cólico.

Los tratamientos no quirúrgicos para hernias pequeñas y no complicadas incluyen: vendaje para soporte abdominal que debe cambiarse cada 2-4 semanas, clamps para hernias e irritación continua del anillo herniario con manipulación digital o aplicación de sustancias irritantes.

En caso de que la hernia sea muy grande o complicada, se tiene que realizar una cirugía, siendo la más común la herniorrafia, la cual remueve el saco herniario, se evalúa el contenido herniario, se remueven los remanentes umbilicales internos y se hace una oposición directa de los márgenes incididos de la hernia mediante suturas.

[*]MVZ Martínez Rodríguez Jocelyn Anaid. Oriente 32, 3569, Int. B301, Col. Merced Balbuena, Del. Venustiano Carranza, CP 15810. jocelyn.martinez.mvz@gmail.com. 5552983447.

Caso clínico

Reseña e historia clínica

El día 30 de septiembre de 2022 se presentó a la Clínica para Rumiantes de la Universidad de Viena, un becerro raza Braunvieh de 3 meses de edad, debido a que se encontraba enfermo desde hace 3 días, con apetito variable y con un abultamiento en la zona del ombligo.

Examen físico general

En la exploración física estaba alerta y activo, postura y marcha normales, estado nutricional pobre (2/5), elasticidad de la piel ligeramente disminuida, temperatura corporal normal (38.7°C), frecuencia cardiaca disminuida (64 lpm), frecuencia respiratoria disminuida (22 lpm), tiempo de llenado capilar de 2 seg., tos al estimular y pulmones con moderado sonido vesicular.

Se encontró un aumento en la circunferencia de la zona umbilical del tamaño de un puño, firme, indolora y sin exudado.

Pruebas complementarias

Se realizaron estudios de sangre (hemograma y bioquímica), al igual que ultrasonidos abdominales para determinar el contenido de la hernia.

En el hemograma se encontró una anemia no regenerativa microcítica normocrómica, leucocitosis con neutrofilia y desviación a la izquierda, linfopenia, monocitosis y basofilia.

En la bioquímica se observó disminución en los niveles de creatinina y disminución en los niveles de potasio y cloro.

El primer ultrasonido realizado determinó una onfalitis extraabdominal e involución umbilical retardada. Cuatro días después se volvió a realizar un ultrasonido, dado que la zona se encontraba menos inflamada, sin embargo, el diagnóstico final fue una onfalitis con sospecha diagnóstica de hernia umbilical encarcelada y uraco persistente.

También se realizó una evaluación de las heces, las tenían una consistencia líquida, color ocre y con aroma normal.

Terapia

El primer paso que se realizó fue estabilizar al paciente, por lo que se le colocó un catéter en la vena marginal de la oreja para la administración de una infusión de cloruro de sodio, así como de antiinflamatorios (metamizol sódico) y limpieza de la zona umbilical.

Procedimiento quirúrgico

Previo a la cirugía se administró Carprofeno 3 ml s.c y Amoxicilina 11 ml i.m.

La premedicación anestésica se realizó con Butorfanol y Xilacina al 2%, se indujo con Ketamina y se mantuvo la anestesia con Isofluorano.



Imagen 1. Becerro en quirófano para realización de cirugía.

Durante la cirugía se encontraron los siguientes hallazgos:

- Vena umbilical normal
- Arterias umbilicales y/o uraco grueso, no digno de resección
- Yeyuno dentro del saco herniario y adherido firmemente a él, con un diámetro de aproximadamente 2.5 cm
- Formación de absceso en el saco herniario distal
- Se realizó una resección y apertura antimesentérica del asa del yeyuno, similar a un divertículo, se extrajeron todas las capas de fibrina y se cerró la herida de 3 cm de largo con PDS 4/0 y sutura de colchonero.
- Diagnóstico post-operatorio: Onfalitis, hernia umbilical encarcelada

Posterior a la cirugía el paciente se encontraba estable, sin secreción purulenta por la herida, sin dolor, buen apetito y estado de ánimo. La terapia posoperatoria fue a base de Esomeprazol 2 ampollas, i.v cada 24 hrs por 2 días; Amoxicilina 11 ml i.m cada 48 hrs y Carprofeno 3 ml s.c cada 48 hrs.

El día 12 de septiembre el animal es dado de alta.

Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en el hemograma como la anemia microcítica normocrómica pueden estar asociados a una inflamación crónica. Aunque no se debe descartar que también podría estar asociada a una malnutrición debido a la condición corporal en la que se encontraba.

También presentaba una leucocitosis con neutrofilia y desviación a la izquierda, linfopenia, monocitosis y basofilia, todo esto asociado a un proceso inflamatorio crónico, lo cual concuerda con la afección que presentaba el animal.

En cuanto a los resultados de la bioquímica sanguínea, el paciente tenía una disminución en los niveles de creatinina, asociados posiblemente a la anorexia que había presentado en los últimos días. También tenía disminución en los niveles de potasio y cloro, lo cual puede deberse al proceso diarreico con el que estaba cursando, pero también éstos se ven afectados cuando hay un secuestro gastrointestinal como en este caso con la hernia encarcelada.

Ahora bien, en cuanto a los ultrasonidos realizados, el primer ultrasonido no dio un diagnóstico certero debido a que la zona umbilical se encontraba muy inflamada, con el paso de los días y la administración de la medicación disminuyó la inflamación de la zona umbilical y al realizar el segundo ultrasonido se pudo detectar la presencia de una sección del intestino dentro de esta hernia.

Existen una gran variedad de técnicas quirúrgicas para la corrección de las hernias umbilicales, en este caso se decidió realizar una herniorrafía, debido a que le tamaño del anillo herniario no era tan grande y que además es una de las técnicas más usadas y simples para la corrección de estos problemas.

Las hernias umbilicales son bastante frecuentes en los hatos lecheros y es de suma importancia identificar si son congénitas o adquiridas, debido a que en el primer caso, los animales no deberían ser usados para su reproducción.

Afortunadamente el caso presentado no implicaba tanto riesgo para la vida del animal y fue detectado de forma oportuna, por lo que las complicaciones post-quirúrgicas no estuvieron presentes.

Referencias:

1. Doijode, V., (2019). Umbilical hernia in ruminant calves: A review. The pharma innovation. https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartC/8-3-30-374.pdf
2. Mishra, P., Mahmud, M., Yadav, V., Hasan, M., (2019). Umbilical Hernia with Extensive Adhesion and Evisceration in a Bovine Calf. Iranian Journal of Veterinary Surgery. http://www.ivsajournals.com/article_102212_756f4e4409d1e210f9259e300d234d2c.pdf
3. Farman, R., Al-Husseiny, S., Al-Ameer, A., (2017). Surgical treatment of hernia in cattle: A review. Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences. http://www.qu.edu.iq/journalvm/index.php/vm_journal/article/view/506/497
4. Faslu, R., (2019). Case reports of umbilical hernia and its complications in calves. Kerala Veterinary and Animal Sciences University. https://www.researchgate.net/profile/Ck-Faslu-Rahman-

2/publication/344036033_CASE_REPORTS_OF_UMBILICAL_HERNIA_AND_ITS_COMPLICATIONS_IN_CALVES/links/5f4e9894458515e96d2297fa/CASE-REPORTS-OF-UMBILICAL-HERNIA-AND-ITS-COMPLICATIONS-IN-CALVES.pdf

5. Nath, S., Sen, A., Rahman, M., Das, S., Ersam, R., Alam, M., (2016). Umbilical Hernia in Calves in Sylhet Region, Bangladesh. International Journal of Advanced Multidisciplinary Research. https://www.researchgate.net/profile/Sabuj-Nath/publication/349730752_International_Journal_of_Advanced_Multidisciplinary_Research_IJAMR_Umbilical_Hernia_in_Calves_in_Sylhet_Region_Bangladesh/links/603f272aa6fdcc9c780c83c8/International-Journal-of-Advanced-Multidisciplinary-Research-IJAMR-Umbilical-Hernia-in-Calves-in-Sylhet-Region-Bangladesh.pdf
6. Sanchez, I., Betancourt, G., Collazos, W., Quevedo, C., Pérez, C., (2016). *Reparación de una hernia umbilical mediante la técnica quirúrgica de Mayo en un bovino en el departamento del Caquetá, Colombia*. Revista Electrónica de Veterinaria. https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456014.pdf