

CIENCIAS Veterinarias — y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD



P. 5

Criptococosis mucocutánea nasal en perro

P. 13

Histoquímica de células branquiales de bagre

P. 21

Salmonella Hayindogo en canales de bovino

P. 32

Desparasitación selectiva de ovinos Dorper

P. 47

Efecto de leguminosas en morfología espermática de caprinos

P. 59

Una sola salud: perspectiva veterinaria

DIRECTORIO

Mtro. Guillermo Mendoza Cavazos
Rector de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dr. Eduardo Arvizu Sánchez
Secretario General

Dra. Rosa Issel Acosta González
Secretaria Académica

Dra. Mariana Zerón Félix
Secretaria de Investigación y Posgrado

Dr. Flaviano Benavides González
Director de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata"

Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Año: 2023, Volumen: 1, Número: 1, julio a diciembre. Publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, "Dr. Norberto Treviño Zapata", Km. 5 carretera Victoria-Mante, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P.; 87274 Tels. (834) 3181800 y 3181700, ext. 2506. Página web: <https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/> y correo electrónico: cvpafmvz@uat.edu.mx. Editor responsable: Dr. Roberto Pérez Castañeda. Reserva de Derechos al Uso exclusivo No. 04-2023-022713322900-102, ISSN electrónico: en trámite; ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Fecha de publicación de este número: 11 de agosto de 2023.

Se permite la reproducción del contenido para actividades no comerciales dando los créditos correspondientes a la revista Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Los artículos e investigaciones son responsabilidad de los autores. Todo el material publicado se almacena en el reservorio institucional.

PRÓLOGO

Es un placer presentarles el primer número de la revista "Ciencias Veterinarias y Producción Animal". Una publicación que surge como un reflejo del compromiso de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata", de la Universidad Autónoma de Tamaulipas con la excelencia académica y la contribución al conocimiento en el ámbito de las ciencias veterinarias y la producción animal.

La creación de esta revista marca un hito en nuestra búsqueda continua por el conocimiento y avance científico en los campos que son fundamentales para el bienestar animal, salud pública, sanidad animal y el desarrollo sostenible de la producción animal.

En este primer número, hemos tenido el honor de contar con la colaboración de expertos y académicos cuyo trabajo enriquece los campos de las ciencias veterinarias y la producción animal.

Las temáticas tratadas incluyen investigaciones sobre Salmonella en canales de bovinos, desparasitación en ovinos Dorper, morfología espermática de caprinos, células mucosas branquiales del bagre. Además, incluye una revisión sobre el tema de una sola salud y un estudio de caso de criptococosis mucocutánea nasal en perro.

Los invitamos a sumergirse en los artículos de esta edición y a unirse a nosotros en este emocionante viaje de exploración y descubrimiento en este fascinante mundo.

"Verdad, Belleza, Probidad"



Mtro. Guillermo Mendoza Cavazos
Rector
Universidad Autónoma de Tamaulipas

COMITÉ EDITORIAL

Editor responsable

Dr. Roberto Pérez Castañeda (SNI II)
Universidad Autónoma de Tamaulipas
roperez@docentes.uat.mx

Diseño Editorial

Dr. Gerardo Noé Rosales Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Jennifer Liliann Sustaita Alvarez
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Lic. Yesica Selene Zúñiga Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas

CIENCIAS VETERINARIAS

Dr. Jorge Alva Pérez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Hugo Brígido Barrios García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Flaviano Benavides González
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Zeferino Blanco Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Verónica Carvajal de la Fuente
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Ivonne Ceballos Olvera
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Ned Iván de la Cruz Hernández
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Griselda Gaona García
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. José Octavio Merino Charrez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Fabián Eliseo Olazarán Santibáñez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Madai Rosas Mejía
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Leroy Soria Díaz
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Venancio Vanoye Eligio
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. María de la Luz Vázquez Sauceda
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. José Vázquez Villanueva
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
MS. Cecilia Rosales
Universidad de Tucson, Arizona
PhD. Frank Von Hippel
Universidad de Tucson, Arizona

PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. Gabriel Aguirre Guzmán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Yuridia Bautista Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Fidel Infante Rodríguez,
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jorge Loredó Osti
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Luz Yosahandy Peña Avelino
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Libia Ivonne Pérez Torres
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Francisco Reyes Zepeda
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Miguel Ruiz Albarrán
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Jaime Salinas Chavira
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Cecilia Carmela Zapata Campos
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dr. Fernando Sánchez Dávila
Universidad Autónoma de Nuevo León, México
Dr. Paulino Sánchez Santillán
Universidad Autónoma de Guerrero, México

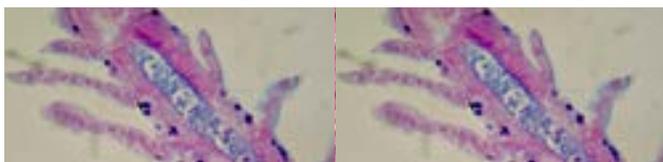
CASO CLÍNICO



5 **Criptococosis mucocutánea del plano nasal en un perro: reporte de caso**
Mucocutaneous cryptococcosis of nasal planum in a dog: a case report

Luis Mario Leyva-Zapata, José Luis Palomares-Rangel, Ana Cecilia Guevara-Mata, Elva Karina Calvillo-Huereca, Verónica Carvajal-de la Fuente

COMUNICACIÓN CORTA



13 **Efectos del sulfato de cobre y Romet®-30 en células mucosas branquiales del bagre *Ictalurus punctatus***
Effects of copper sulfate and Romet®-30 on gill mucous cells from channel catfish *Ictalurus punctatus*

Jaime Luis Rábago-Castro, Jesús Genaro Sánchez-Martínez, Jorge Loredo-Osti, Ned Iván de la Cruz-Hernández, Roberto Pérez-Castañeda

ARTÍCULO CIENTÍFICO

21 **Primer reporte de *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serotipo Hayindogo en canales de bovino en México**
First report of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotype Hayindogo in bovine carcasses in Mexico

Zaydy Suástegui-Urquijo, Hugo B. Barrios-García, Rigoberto Hernández-Castro, Ana V. Martínez-Vázquez, Armando Navarro-Ocaña, Juan Xicohtencatl-Cortes, José Vázquez-Villanueva



32 **Desparasitación selectiva dirigida de ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México**

Targeted selective deworming of Dorper sheep in a farm from the central zone of Tamaulipas, Mexico

Jesús Humberto Reyna-Fuentes, Cecilia Carmela Zapata-Campos, Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta, Jaime Salinas-Chavira, Luis Eliezer Cruz-Bacab

47 **Efecto del consumo de leguminosas arbustivas (*Acacia rigidula* y *Havardia pallens*) sobre la morfología espermática de machos caprinos en crecimiento**

Effect of consumption of shrub legumes (*Acacia rigidula* and *Havardia pallens*) on sperm morphology of growing male goats

Nidia Garza-Martínez, Cecilia Carmela Zapata-Campos, Luz Yosahandy Peña Avelino, Fernando Sánchez Dávila

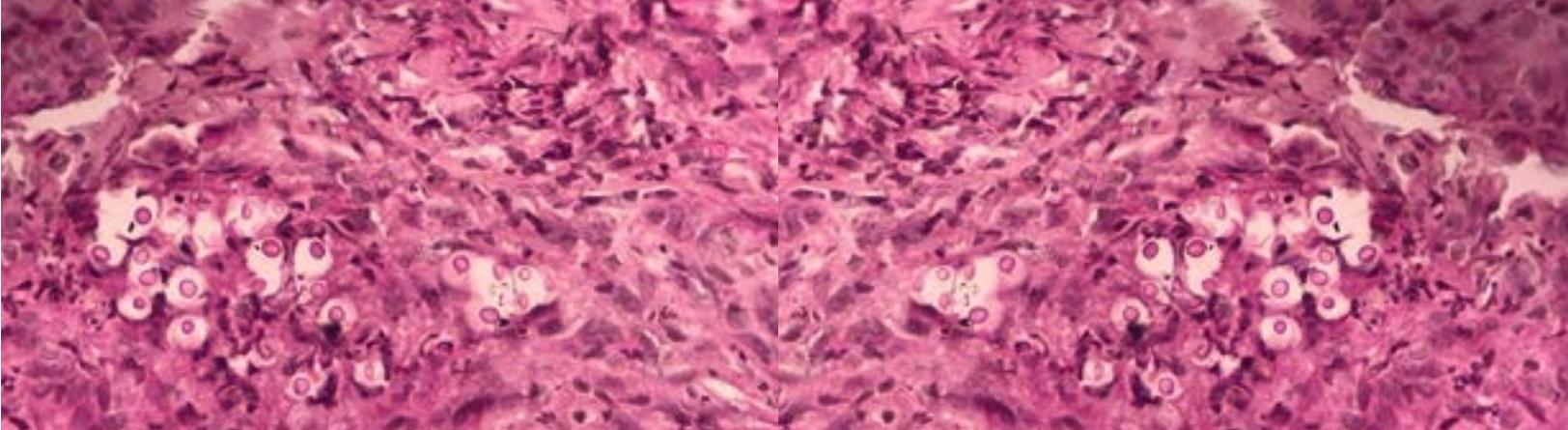
ARTÍCULO DE REVISIÓN



59 **Una sola salud: una perspectiva veterinaria**

One health: a veterinary perspective

Ana Lucía Urbizu-González, Liduvina Vázquez-Ruiz, Ivonne Ceballos-Olvera, Wendy Hernández-Cabrera, Pablo González-Alanís, Manuel Goldaracena-Olvera, María de la Luz Vázquez-Sauceda



Criptococosis mucocutánea del plano nasal en un perro: reporte de caso

Mucocutaneous cryptococcosis of nasal planum in a dog: a case report

Luis Mario Leyva-Zapata, José Luis Palomares-Rangel, Ana Cecilia Guevara-Mata,
Elva Karina Calvillo-Huereca, Verónica Carvajal-de la Fuente*

RESUMEN

Se presenta caso de paciente canino mestizo macho de 5 años con historia de deformidad facial por abultamiento en plano nasal con diagnóstico presuntivo de neoplasia intranasal. Se solicitó biopsia incisional para estudio histopatológico que reveló dermatitis piogranulomatosa severa zonalmente extensiva con presencia de estructuras levaduriformes encapsuladas compatibles con *Cryptococcus* sp. Se realizó cultivo micológico donde se aisló *Cryptococcus* sp. La terapia con fluconazol por 65 días resultó efectiva con resolución de signos clínicos. El paciente ha permanecido asintomático durante más de un año después de haber finalizado la terapia. De acuerdo con la literatura revisada, este es el primer caso de criptococosis reportado en un perro del estado de Tamaulipas, México.

Palabras clave: criptococosis, plano nasal, perro, diagnóstico, pronóstico.

ABSTRACT

A 5-year-old male mongrel dog was presented for a history of facial deformity due to nasal plane bulging with a presumptive diagnosis of intranasal neoplasia. An incisional biopsy of the lesion was performed. Histopathology findings showed a severe zonally extensive pyogranulomatous dermatitis with many yeast-like encapsulated organisms, compatible with *Cryptococcus* sp. Mycological culture was performed where *Cryptococcus* sp. was isolated. After 65 days of fluconazole treatment showed complete disappearance of the nasal lesions. The patient has remained asymptomatic for more than a year after the completion of therapy. According to the literature reviewed, this is the first reported case of cryptococcosis in a dog from Tamaulipas State, Mexico.

Keywords: cryptococcosis, nasal planum, dog, diagnosis, prognosis.

INTRODUCCIÓN

La criptococosis es una de las infecciones fúngicas sistémicas de mayor relevancia que afecta a una amplia gama de especies animales incluyendo perros, gatos y humanos (Rajasingham et al., 2017).

Autor para correspondencia: vcarvajal@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 29 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 13 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

La enfermedad es producida por el hongo levaduriforme *Cryptococcus neoformans*, sin embargo, *Cryptococcus gattii* se ha aislado, aunque con menor frecuencia (McVey et al., 2022). La criptococosis se ha reportado a nivel mundial como una de las principales causas de muerte asociadas al Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH) con un millón de personas afectadas anualmente (Soares et al., 2019). En México, desde hace casi una década, se ha estimado que en el 10% de las personas con meningoencefalitis, se ha aislado este hongo, y el 28% de estos casos, están infectados con el virus VIH (López-Martínez et al., 2014).

Existe escasa información sobre estudios epidemiológicos de Criptococosis en animales en nuestro país. Este hongo saprófito oportunista se puede encontrar con frecuencia en lugares donde hay heces de palomas y materia orgánica en degradación ya que se ha demostrado que las altas concentraciones de urea, creatinina y otros compuestos nitrogenados que contiene las excretas de éstas y otras aves, propician un ambiente idóneo para el crecimiento de la levadura (Coelho & Farrer, 2020; Rosario et al., 2008).

En las últimas décadas, los casos de criptococosis en medicina humana y veterinaria se han incrementado considerablemente sobre todo en aquellos individuos inmunocomprometidos, que sufren alguna condición debilitante o los que se encuentran bajo tratamientos con terapias de esteroides por largos periodos de tiempo (Rajasingham et al., 2017).

La infección inicia como una enfermedad respiratoria crónica debido a su vía de entrada aérea, y posteriormente se disemina hacia la piel y órganos internos con especial tropismo hacia el sistema nervioso central donde se desarrollarán nódulos granulomatosos (Maxie, 2015; McVey et al., 2022; Zachary, 2017).

El diagnóstico de la enfermedad se realiza mediante la observación microscópica directa de las levaduras en muestras citológicas e histopatológicas teñidas con Hematoxilina y Eosina (H&E). No obstante, estas técnicas tienen limitantes ya que en ocasiones la cápsula de las levaduras es difícil de observar debido a que es altamente hidrofílica llegando a confundir fácilmente con otro tipo de levaduras.

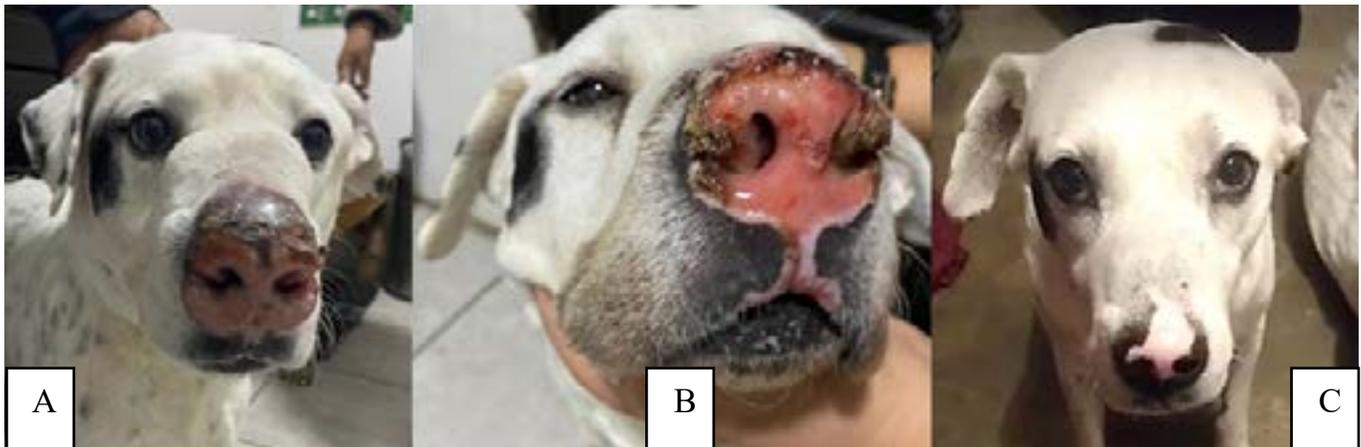
El Ácido Peryódico de Schiff (PAS, por sus siglas en inglés), Grocott y Mucicarmín de Mayer se usan como tinciones alternativas para observar con mejor claridad a este patógeno (Zachary, 2017). El cultivo y aislamiento de la levadura se considera como el método de diagnóstico microbiológico de referencia (sensibilidad de 90%) en el cual se realiza a partir de distintos fluidos, secreciones o tejidos afectados (Arias & Montero, 2011).

El agar Sabouraud sin cicloheximida es el medio más utilizado en donde después de incubarse 48-72 h crecerá la levadura formando colonias mucosas de color blanco cremosa (Castellá et al., 2008). Para el tratamiento de la criptococosis se emplean azoles, como el fluconazol y el itraconazol (McVey et al., 2022; O'Brien et al., 2006).

DESCRIPCIÓN DEL CASO CLÍNICO

En una clínica veterinaria particular del Municipio de Río Bravo, Tamaulipas, se llevó a consulta, un canino macho de raza mestiza de 5 años que mostraba deformidad facial debido al abultamiento localizado en el plano nasal con evolución de aproximadamente dos años. El diagnóstico clínico

presuntivo realizado por un veterinario fue una neoplasia nasal. El perro vivía dentro de casa y no tenía antecedentes de haber viajado fuera de la región geográfica antes mencionada. Al examen físico general, el paciente estaba alerta y responsivo sin presencia de fiebre (temperatura corporal de 37.5 °C) y condición corporal de 3/5. Presentaba estornudos y descarga mucopurulenta que provenía de ambas fosas nasales. Además del abultamiento en el plano nasal, se pudo observar descamación en la trufa con lesiones costrosas y ulceradas profundas (Figura 1). Como plan diagnóstico inicial se colectaron muestras sanguíneas para hemograma y bioquímica sanguínea, junto con tres muestras de biopsias incisionales de la piel del plano nasal de aproximadamente 0.6 cm de diámetro las cuales fueron fijadas con formol buferado al 10% durante 24 h. Posteriormente, se realizaron cortes histológicos de 5 µm de grosor y fueron teñidos con H&E.



■ Figura 1. Características macroscópicas del canino con Criptococosis previo al tratamiento donde se puede observar deformación por abultamiento del plano nasal, lesiones costrosas y ulceradas con falta de pigmentación y presencia de exudado mucopurulento (A). Evolución de las lesiones a los 10 días de terapia con Fluconazol (B). Apariencia macroscópica después de recibir el tratamiento durante 65 días donde se aprecia una significativa mejoría (C).

RESULTADOS

Hemograma y química sanguínea

Los resultados del hemograma revelaron una anemia leve normocítica normocrómica no regenerativa y ligera leucocitosis con moderada desviación a la izquierda compatible con un proceso inflamatorio (Tabla 1). En la bioquímica sanguínea se encontró hipoglucemia, hiperglobulinemia leve, así como un ligero incremento de las enzimas hepato biliares ALP, ALT y DHL (Tabla 2).

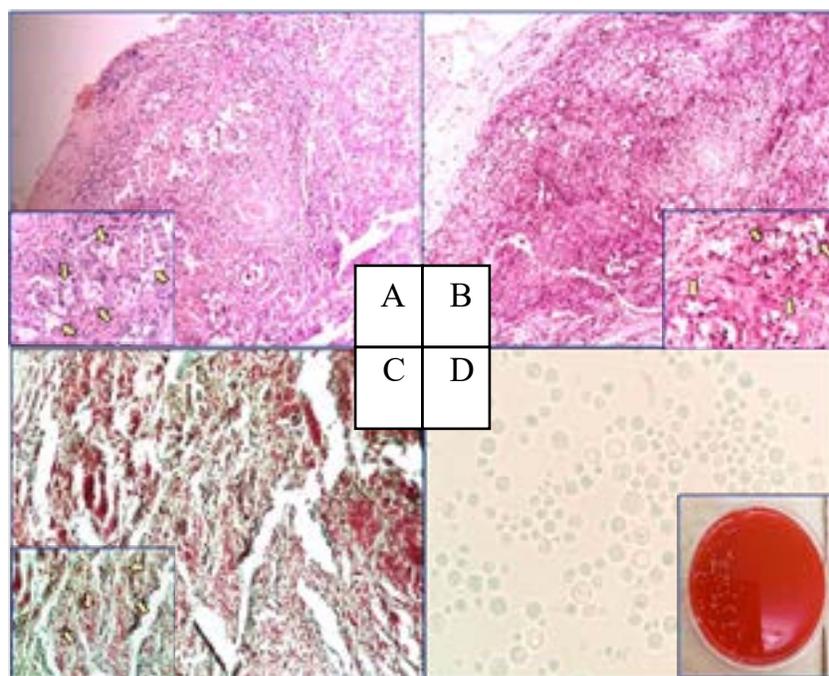
Histopatología

El estudio histopatológico reveló una dermatitis piogranulomatosa severa zonalmente extensiva con la presencia de abundantes estructuras levaduriformes intralesionales de formas redondeadas, con presencia de un halo transparente a su alrededor de 15 a 20 micrómetros de diámetro compatibles con *Cryptococcus* sp. (Figura 2A). En base a estos resultados se realizaron tinciones complementarias para evidenciar mejor la presencia de estructuras micóticas.

Las levaduras intralesionales resultaron positivas a la tinción de PAS (Figura 2B) y Grocott (Figura 2C). Además, se utilizó la tinción de tinta china (tinción negativa) cuyo objetivo es teñir la preparación excepto la cápsula de la levadura (Figura 2C).

■ Tabla 1. Resultados del hemograma.

Analito	Resultado	Valor de referencia	Unidades
Hemoglobina	119	120 – 180	g / L
Hematocrito	0.35	0.37 – 0.55	L / L
Eritrocitos	4.79	5.5 – 8.5	$\times 10^{12}$ / L
VGM	73.5	60 – 77	fL
CGHM	338	320 – 360	g / L
Reticulocitos	0	> 60	$\times 10^9$ / L
Plaquetas	352	200 – 600	$\times 10^9$ / L
Leucocitos	17.6	6.0 – 17.0	$\times 10^9$ / L
Neutrófilos	9.821	3.0 – 11.5	$\times 10^9$ / L
N. Banda	4.752	0 – 0.3	$\times 10^9$ / L
Monocitos	0.880	0.1 – 1.4	$\times 10^9$ / L
Linfocitos	2.112	1.0 – 4.8	$\times 10^9$ / L
Eosinófilos	0.018	0.1 – 0.9	$\times 10^9$ / L
Proteínas totales (sólidos totales)	75	60 – 75	g / L



■ Figura 2. Corte histopatológico de la biopsia nasal teñido con H&E donde se observan numerosas levaduras capsuladas de *Cryptococcus* sp. (señaladas con una flecha) (A) (100 X); Preparaciones histopatológicas teñidas con PAS (B) y Grocott respectivamente con levaduras de *Cryptococcus* sp. (C) (100X). Imágenes del frotis con tinta china y colonias de color crema correspondientes a *Cryptococcus* sp. obtenidas a partir del hisopado nasal en agar sangre (D) (400X).

■ Tabla 2. Resultados de la bioquímica clínica.

Analito	Paciente	Valores de referencia
Albúmina	3.0	2.3 – 3.6 g / dL
Proteínas totales	7.5	5.2 – 7.5 mg / dL
Globulinas	4.5	2.5 – 4.4 g / dL
Ratio albúmina/globulina (A/G)	0.67	0.6 – 1.1
Glucosa	46	60 – 110 mg / dL
ALP (Fosfatasa alcalina)	304	0 – 212 UI
ALT(Alanina aminotransferasa)	309	0 – 88 UI
AST (Aspartato aminotransferasa)	36	0 – 50 UI
DHL (Deshidrogenasa láctica)	304	0 – 236 UI
Colesterol	231	110 – 320 mg / dL
Triglicéridos	88.0	40 – 169 mg / dL
Bilirrubina total	0.20	0 – 0.9 mg / dL
Bilirrubina indirecta	0.11	0 – 0.20 mg / dL
Bilirrubina directa	0.09	0 – 0.75 mg / dL
Nitrógeno ureico sanguíneo	24.6	6.0 – 26.0 mg/dL
Urea	52.6	12.8 – 55.6 mg / dL
Creatinina	0.72	0.4 – 1.6 mg / dL
Calcio	10.1	7.9 – 12.0 mg / dL
Fósforo	4.5	2.5 – 6.8 mg / dL
Sodio	144	138 – 160 mEq / L
Potasio	5.1	3.5 – 5.8 mEq / L
Cloro	101	110 – 124 mEq / L
CPK (Creatina fosfoquinasa)	189	52 – 358 UI

Cultivo

Para establecer el diagnóstico definitivo del agente etiológico, se realizó cultivo micológico a partir de muestras de hisopados del exudado nasal. Para este fin se utilizaron tres medios de cultivo, los cuales fueron: agar sangre, dextrosa papa y agar Sabouraud. El cultivo fue incubado a una temperatura de 30 °C durante 72 h, después de este tiempo aparecieron colonias redondas, convexas, con bordes lisos, de color café o crema brillante sugerente de un agente levaduriforme (Figura 2D). Después del crecimiento de la colonia, se tomó una sección de ella para la caracterización morfológica del agente con tinta china, en la cual se observaron las estructuras compatibles con *Cryptococcus* sp. (Figura 2C) (McVey et al., 2022).

Tratamiento

En base al diagnóstico se inició terapia antifúngica oral con fluconazol a 5 mg/kg BID (Bis in Die por sus siglas en inglés o dos veces al día) por 65 días sin presentar complicaciones secundarias al medicamento o al cuadro infeccioso. El paciente permaneció asintomático durante más de un año después de haber finalizado la terapia.

DISCUSIÓN

La criptococosis ha sido reportada en una gran variedad de animales domésticos y en contraste con otras micosis profundas, es más frecuente observarla en el gato que en el perro (Castellá et al., 2008). La vía de infección más frecuente es la aérea, afectando inicialmente las vías respiratorias altas. Aproximadamente un 80% de los gatos afectados manifestarán rinitis granulomatosa con deformación de la cavidad nasal (Coelho et al., 2020).

A diferencia de las alteraciones nasales observadas en felinos, se ha reportado que los perros rara vez presentan esta signología (Castellá et al., 2008; Pérez et al., 2015). En este caso en particular, el paciente presentó lesiones similares a las descritas en gatos, como deformidad del plano nasal con secreción mucopurulenta y dermatitis piogranulomatosa severa crónica (Candanosa et al., 2015). Sin embargo, a pesar de que cursó por un cuadro crónico, resultó tener un pronóstico favorable debido a que la patología fue limitada y tuvo una excelente respuesta al tratamiento con fluconazol. Por otro lado, Bowles y Fry en el 2009, reportan el caso de un canino hembra Pointer Alemán que presentó tumoración del lado izquierdo del rostro con presentación clínica aguda, seguida de signos respiratorios severos, y al instaurar el tratamiento con fluconazol, presentó aún mayor deformidad nasal con compromiso del sistema nervioso central.

En contraste, De Iturriaga y Espejo en 1996, describe el caso de un Cocker Spaniel macho de 6 años, que presentó estornudos y secreción nasal mucopurulenta durante 3 años sin respuesta a antibióticos, y subsecuentemente desarrolló tumoración subcutánea sobre el puente de la nariz, después de confirmar el diagnóstico por histopatología de criptococosis, fue tratado durante dos meses con ketoconazol con una evolución satisfactoria.

Se ha reportado que los animales con criptococosis crónica y aquellos que presentan lesiones en sistema nervioso central o en varios órganos, suelen tener un pobre desenlace (Vorathavorn et al., 2013).

Por otro lado, otras investigaciones han demostrado que dichas lesiones no determinan el pronóstico de los pacientes (Pérez et al., 2015). Se dice que para la resolución completa de la criptococosis no basta con la desaparición de los signos, sino que es importante también comprobar la ausencia de títulos contra el hongo en líquido cefalorraquídeo (LCR) para disminuir la posibilidad de reincidencia, la cual puede ocurrir en meses o años (Vorathavorn et al., 2013).

Los hallazgos de laboratorio frecuentemente observados en un hemograma de un perro con criptococosis es una anemia normocítica normocrómica de tipo no regenerativa, además, en la serie blanca suelen asociarse con una respuesta inflamación crónica (Stockham & Scott, 2008). Los cambios anteriormente descritos coinciden con los reportados en este paciente. No obstante, estas alteraciones no son específicas de criptococosis ya que éstas pueden observarse en cualquier enfermedad inflamatoria con un curso crónico dificultando su diagnóstico (Stockham & Scott, 2008). Otro cambio observado en la sangre de este canino fue un incremento de las inmunoglobulinas, el cual, en ausencia de deshidratación, se asoció a un proceso inflamatorio.

Asimismo, se encontró un ligero incremento de las enzimas alanina aminotransferasa (ALT), deshidrogenasa láctica (DHL) y fosfatasa alcalina (FA) sugiriendo un daño hepatobiliar; sin embargo, no se realizaron estudios adicionales para descartar la presencia de alguna lesión en este órgano.

El género *Cryptococcus* incluye alrededor de 100 especies, pero sólo *Cryptococcus neoformans* (95% de los casos) y *Cryptococcus gattii* son de importancia clínica para el humano y el perro (Maziarz & Perfect, 2016). El interés de identificar hasta el nivel de especie se basa en el hecho de que *C. gattii* provoca infecciones más agresivas que requieren un enfoque terapéutico mucho más intensivo que las que son provocadas por *C. neoformans* (Chen et al., 2014). Las técnicas convencionales para la detección de *Cryptococcus* sp. son la histopatología donde utilizan distintas tinciones especiales (PAS, Grocott y Tinta China) que permiten visualizar con mayor facilidad las levaduras como en este caso (Figura 2).

Además, el diagnóstico definitivo se consigue mediante el cultivo y aislamiento de las levaduras donde se observan, después de incubarse, colonias lisas de textura mucoide y coloración blanco cremosa como las reportadas en este trabajo. Sin embargo, estas técnicas no permiten diferenciar la especie de *Cryptococcus* involucrado ya que, para tal fin, se requieren estudios bioquímicos adicionales como pruebas de asimilación y utilización de ciertos carbohidratos, así como, pruebas de asimilación de creatinina y producción de ureasa entre otras (Maziarz & Perfect, 2016).

Por lo anterior, en casos posteriores, se recomienda utilizar estas pruebas más específicas con el fin de obtener una precisa identificación del hongo. La importancia del diagnóstico de la criptococosis reside en la identificación temprana de los focos de infección a los que están expuestos aquellos individuos susceptibles con el fin de tomar las medidas adecuadas para evitar su diseminación y de esta manera salvaguardar la salud de los animales y por ende la del ser humano.

CONCLUSIONES

Este caso evidencia que la criptococosis en perros puede afectar principalmente a la cavidad nasal y puede llegar a confundirse fácilmente con otras patologías que cursen con tumefacción como en el caso de neoplasias. Se recomienda utilizar pruebas más específicas para poder conocer la especie de *Cryptococcus* involucrada en casos clínicos futuros.

El diagnóstico temprano permitirá instaurar un tratamiento oportuno y tener, como en este caso, un mejor pronóstico. Si bien, el riesgo de desarrollar esta infección micótica es bajo, el reporte de este caso en un perro en el estado de Tamaulipas debe alertar a los veterinarios en cuanto a la necesidad de considerarla en la lista de diagnósticos diferenciales en pacientes con signología similar a la descrita en este documento.

REFERENCIAS

- Arias, B. G., & Montero, L. M. (2011). Criptococosis meníngea: características clínicas y de laboratorio. *Acta Neurológica Colombiana*, 27(1), 19-27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87482011000100004
- Bowles, D. B., & Fry, D. R. (2009). Nasal cryptococcosis in two dogs in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 57(1), 53-57. <https://doi.org/10.1080/00480169.2009.36869>
- Candanosa, I., García, L., Juárez, M., Martínez, I., Méndez, A., & Morales, E. (2015). *Patología Sistémica Veterinaria*. 6ta ed. Trigo F, Romero L, editores. Ciudad de México.
- Castellá, G., Abarca, M. L., & Cabañes, F. J. (2008). Criptococosis y animales de compañía. *Revista*

- Iberoamericana de Micología*, 25(1), S19-S24. [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(08\)70021-4](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(08)70021-4)
- Chen, S. C., Meyer, W., & Sorrell, T. C. (2014). *Cryptococcus gattii* Infections. *Clinical Microbiology Reviews*, 27(4), 980-1024. <https://doi.org/10.1128/cmr.00126-13>
- Coelho, C., & Farrer, R. A. (2020). Pathogen and host genetics underpinning cryptococcal disease. *En Elsevier eBooks* (pp. 1-66). <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2020.02.001>
- De Iturriaga, I. G., & Espejo, M. A. O. (1996). Criptococosis canina: descripción de un caso clínico. *Clínica veterinaria de pequeños animales: revista oficial de AVEPA, Asociación Veterinaria Española de Especialistas en Pequeños Animales*, 16(4), 235-243. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6723557>
- López-Martínez, R., Córdova-Martínez, E., Bazán-Mora, E., Mondragón-Ordóñez, M., Angeles-Morales, V., García-Zaldívar, P., & Castañón-Olivares, L. R. (2014). Frecuencia de serotipos de *Cryptococcus neoformans/C. gattii* en México. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 61(2), 125-128. <https://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2014/pt142h.pdf>
- Maxie, G. (2015). *Jubb, Kennedy & Palmer's Pathology of Domestic Animals - E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Maziarz, E. K., & Perfect, J. R. (2016). Cryptococcosis. *Infectious Disease Clinics of North America*, 30(1), 179-206. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2015.10.006>
- McVey, D. S., Kennedy, M., Chengappa, M. M., & Wilkes, R. (2022). *Veterinary Microbiology*. John Wiley & Sons.
- O'Brien, C., Krockenberger, M. B., Martin, P. G., Wigney, D. I., & Malik, R. (2006). Long-term outcome of therapy for 59 cats and 11 dogs with cryptococcosis. *Australian Veterinary Journal*, 84(11), 384-392. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2006.00040.x>
- Pérez, F. P., Avila, O., Vélez, N., & Escandón, P. (2015). Cryptococcosis in Dogs: A Case Report in a Labrador retriever in Bogotá, Colombia. *Medical Mycology: Open Access*, 1(1). <https://doi.org/10.21767/2471-8521.100004>
- Rajasingham, R., Smith, R. A., Park, B. J., Jarvis, J. N., Govender, N. P., Chiller, T., Denning, D. W., Loyse, A., & Boulware, D. R. (2017). Global burden of disease of HIV-associated cryptococcal meningitis: an updated analysis. *Lancet Infectious Diseases*, 17(8), 873-881. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30243-8](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30243-8)
- Rosario, I., Acosta, B., & Colom, M. F. (2008). La paloma y otras aves como reservorio de *Cryptococcus* spp. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25(1), S13-S18. [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(08\)70020-2](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(08)70020-2)
- Soares, E. A., Lazéra, M. D. S., Wanke, B., De Faria Ferreira, M., De Oliveira, R. A., Oliveira, A. G., & Coutinho, Z. F. (2019). Mortality by cryptococcosis in Brazil from 2000 to 2012: A descriptive epidemiological study. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13(7), e0007569. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007569>
- Stockham, S. L., & Scott, M. A. (2008). *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology*. Wiley-Blackwell.
- Vorathavorn, V. I., Sykes, J. E., & Feldman, D. (2013). Cryptococcosis as an emerging systemic mycosis in dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, n/a. <https://doi.org/10.1111/vec.12087>
- Zachary, J. F. (2017). *Pathologic basis of veterinary disease*. 6th ed. St Louis. Elsevier.



Efectos del sulfato de cobre y Romet®-30 en células mucosas branquiales del bagre *Ictalurus punctatus*

Effects of copper sulfate and Romet®-30 on gill mucous cells from channel catfish *Ictalurus punctatus*

Jaime Luis Rábago-Castro¹, Jesús Genaro Sánchez-Martínez^{2*}, Jorge Loredo-Osti², Ned Iván de la Cruz-Hernández², Roberto Pérez-Castañeda²

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar los efectos del tratamiento con sulfato de cobre y Romet®-30 sobre el número y composición de células mucosas branquiales (neutras y ácidas) se expusieron alevines de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) sanos durante once semanas a tratamientos profilácticos intermitentes de sulfato de cobre (en baños) o Romet®-30 (en el alimento). Cada semana se tomaron muestras del segundo arco branquial, se procesaron histológicamente y se tiñeron con ácido peryódico Schiff (PAS) y azul alcian a pH de 2.5. Los resultados del estudio mostraron un incremento significativo en las células mucosas con reacción ácida de los peces expuestos al sulfato de cobre, lo cual sugiere la respuesta del tejido al compuesto.

Palabras clave: sulfato de cobre, histoquímica, *Ictalurus punctatus*, células mucosas.

ABSTRACT

With the aim to study the effects of treatment with copper sulfate and Romet®-30 on the composition and number of gill mucous cells (neutral, acidic and totals), healthy channel catfish fingerlings (*Ictalurus punctatus*) were exposed for eleven weeks to intermittent prophylactic doses of copper sulfate (in baths) or Romet®-30 (in feed). Each week, samples of the second gill arch were processed for histology and stained with PAS-AB2 (periodic acid Schiff and alcian blue, pH of 2.5). The study results showed a significant increase in mucous acidic cells of fish exposed to copper, which suggest the reaction to copper sulfate.

Keywords: copper sulfate, histochemical, *Ictalurus punctatus*, mucous cells.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, diversos compuestos químicos son empleados habitualmente en la acuicultura como desinfectantes, terapéuticos o fertilizantes con el fin de prevenir enfermedades. No obstante,

Autor para correspondencia: jgsanchez@docentes.uat.edu.mx / **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 16 de julio de 2023 / **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

te, algunos de estos productos provocan diversos efectos negativos en las branquias de los peces (De Kinkelin et al., 1991; Haddeland et al., 2021). Por ejemplo, el sulfato de cobre se usa en estanques de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* y otras especies como parasiticida (Rowland et al., 2009; Tavares-Dias, 2021), algicida (Han et al., 2001) así como en el control del mal sabor. Sin embargo, se ha señalado que la exposición al cobre produce alteraciones de las láminas branquiales, cambios inmunológicos (Khangarot & Tripathi, 1991), alteraciones en la reproducción (Moosavi & Shamushaki, 2015), así como una disminución de la tasa de crecimiento (Kim & Kang, 2004).

De igual forma, el uso de antibióticos es una práctica común en los sistemas acuícolas para el tratamiento de enfermedades o su profilaxis. El Romet®-30 (principio activo ormetoprim y sulfadimetoxina) es uno de los pocos quimioterapéuticos permitidos para su uso en peces para consumo, especialmente en bagres de canal (*Ictalurus punctatus*).

En los peces y otros organismos acuáticos, las branquias son órganos que están en contacto permanente con el agua, y cuya composición celular puede reaccionar a la presencia de diversos compuestos, pudiendo servir estas reacciones como bioindicadores ambientales (Cabillon & Lazado, 2019; Lazado et al., 2020) o como herramientas durante el manejo de peces en granjas de cultivo (Persson et al., 2021).

El epitelio branquial comprende diferentes tipos de células, como las células del pavimento, las células de cloro y las células mucosas (Pereira & Caetano, 2009). Las células mucosas son grandes, presentan un voluminoso citoplasma que contiene gránulos secretores de moco, y se encuentran distribuidas en toda la branquia, pero en especial en el borde lamelar eferente (Smith et al., 2018). Las células mucosas pueden caracterizarse por el tipo de mucinas producidas por sus gránulos citoplasmáticos, cuya composición varía cuando las branquias se exponen a factores irritantes o ambientales (Osório et al., 2022). Estas mucinas llevan a cabo diferentes funciones físicas, bioquímicas, inmunológicas, de difusión, interacción con patógenos y estrés (Benktander et al., 2021), de protección contra sustancias tóxicas (Palma Leotta et al., 2017) y otras funciones de naturaleza etológica y ambiental (Reverter et al., 2018).

En histología, el estudio con microscopía de luz de las células mucosas se puede llevar a cabo con diferentes tinciones. Por ejemplo, la tinción histoquímica con ácido peryódico Schiff (PAS) y azul alcian (AB) a pH de 2.5, se emplea en la caracterización de las células mucosas de los peces, e indica los distintos tipos de mucinas (Monteiro et al., 2010). Esta tinción separa los glicoconjugados ácidos (glucoconjugados carboxilados y/o sulfatados) de los tipos neutros (Mowry, 1956), produciendo un color magenta, debido a la reacción con el ácido peryódico, o bien un color azul en caso de que las mucinas sean ácidas, al reaccionar con el azul alcian (Harris et al., 1973).

Se han realizado estudios histoquímicos sobre los efectos agudos o permanentes de diversos compuestos de metales pesados, compuestos tóxicos o terapéuticos en peces sobre las células mucosas branquiales (Gao et al., 2023), sin embargo, en muchos casos, tales bioensayos emplean exposiciones agudas o crónicas, los cuales no son comunes en la acuicultura; es decir, generalmente los peces están expuestos de manera intermitente a los compuestos, con períodos sin tratamiento, los cuales pueden llevar a la recuperación de los tejidos expuestos.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del sulfato de cobre o Romet®-30 en el número y tipo de células mucosas branquiales de juveniles de bagre de canal cuando estos compuestos se administran de forma profiláctica e intermitente.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, “Dr. Norberto Treviño Zapata” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se instalaron seis tanques redondos de plástico, con drenaje central, y se llenaron hasta un volumen de 50 L, manteniendo un aporte continuo de agua de pozo y aireación mediante dos piedras de aire conectadas a mangueras, y estas a un soplador de 1 H.P. Doscientos diez juveniles (7.5-10.0 cm de longitud furcal) de bagre de canal, clínicamente sanos y provenientes de una granja de la región se distribuyeron al azar en cada uno de los 6 tanques (n = 35).

Los tanques se organizaron en 3 grupos, cada uno con 35 organismos, y con dos repeticiones por tratamiento. Durante once semanas, los peces del primer grupo recibieron una dosis terapéutica diaria de Romet®-30 (50 mg/kg) mezclado en el alimento. Otro grupo de peces fue expuesto dos veces por semana a un baño de sulfato de cobre (1.5 ppm) durante 1 hora. El tercer grupo quedó como control y no recibió ningún tratamiento. Los peces fueron alimentados dos veces al día con una dieta comercial específica para la especie y talla. Se tomaron muestras semanales de un organismo de cada uno de los seis tanques durante once semanas.

El traslado, aclimatación, alimentación, densidad, flujos, calidad del agua, captura, manejo y eutanasia se acataron estrictamente para cumplir las normativas de bioética y bienestar animal. Para realizar la eutanasia, los peces fueron colocados en una solución de 120 ppm de benzocaína, hasta que no se observara la respiración. Inmediatamente se diseccionó la segunda holobranquia del lado izquierdo, se fijó en formol al 10%, y se procesó subsecuentemente mediante los métodos histológicos estandarizados, haciendo cortes de 4-6 μ de grosor, los cuales se tiñeron con ácido peryódico Schiff (PAS) y azul alcian (AB) a un pH 2.5; los cortes de branquias se montaron y se examinaron mediante microscopía óptica. Los conteos de células mucosas branquiales y la composición de glicoproteínas mucosas se realizaron de acuerdo con Sánchez et al. (1997).

De manera breve, se realizó el conteo de todas las células mucosas con reacción ácida o neutra presentes en todo el arco branquial, descartando aquellas con reacción mixta. Con el azul alcian, el citoplasma de las células mucosas se tiñe de color azul, mientras que con la tinción peryódica de Schiff, el citoplasma se tiñe de magenta (Smith et al., 2018). Para el análisis estadístico se hizo una comparación mediante una prueba de Chi cuadrada, de la frecuencia de células ácidas, neutras y totales de los tres grupos, empleándose el software STATISTICA®.

RESULTADOS

La mayoría de las células mucosas con reacción neutra o ácida, se observaron en los espacios interlamelares (Fig. 1). La Tabla 1 muestra la frecuencia del conteo de células mucosas con reacción ácida, neutra y el total en los tres grupos y durante las once semanas de tratamiento.

Los peces expuestos a sulfato de cobre (Tabla 1) mostraron el mayor número de células con reacción ácida, un menor número de células con reacción neutra, pero un total superior a los restantes grupos.

Esto indica por un lado valores de hiperplasia en el total de las células mucosas del grupo expuesto al cobre, cuyo aumento se reflejó en un cambio mayor en la composición de las mucinas hacia una

reacción ácida. Por otro lado, los peces alimentados con Romet®-30 exhibieron el valor más bajo (reacción mucosa y total). Las células con reacción neutra fueron más altas en el grupo de control, seguidas de Romet®-30 y sulfato de cobre.

La prueba de Chi cuadrada mostró una asociación significativa ($p = 0.0032$) entre los tratamientos y el tipo de célula, observándose en los peces expuestos a sulfato de cobre los valores más altos de células mucosas con reacción ácida.



■ Figura 1. Branquias de bagre de canal expuestas a sulfato de cobre. Se observan células mucosas neutras (punta de flecha) y células mucosas ácidas (flechas). Tinción con ácido peryódico Schiff (PAS) y azul alcian a pH de 2.5. Barra = 20.7 micrómetros.

■ Tabla 1. Frecuencia del conteo de células mucosas con reacción ácida y neutra de las mucinas y total por tratamiento.

Tipo de reacción de las mucinas	Grupos		
	Control	Romet®-30	Sulfato de cobre
Ácida	476	460	554
Neutra	34	28	14
Totales	510	488	568*
* $p = 0.0032$			

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la hiperplasia de las células mucosas ácidas y totales de los peces expuestos al sulfato de cobre indica una reacción del tejido expuesto; este tipo de lesión se puede presentar bien sea en enfermedades de naturaleza infecciosa o no infecciosa, pudiendo también ocasionar una hipertrofia (Patología en Acuicultura, 2023). Las branquias de los peces son órganos altamente

vascularizados cuya localización externa aumenta su susceptibilidad a los agentes irritantes, tales como gases, materias en suspensión o disueltas (Richardson et al., 1983), pudiendo servir como bioindicadores de sustancias tóxicas y xenobióticos (Carvalho et al., 2020). Diversos estudios sobre los efectos crónicos, agudos o subletales de la suspensión de sólidos y sustancias en peces también confirman daños branquiales y un aumento en el número de células mucosas (Nimet et al., 2020).

En los peces, las respuestas a exposiciones crónicas al cobre y otros metales pueden incrementar la secreción de mucus y el número de células mucosas (Benktander et al., 2021), como en el presente reporte. Sin embargo, los resultados de algunos estudios discrepan de los hallazgos del presente estudio. Por ejemplo, Ostaszewska et al., (2016) observaron hiperplasia y un aumento en el número de células mucosas con reacción ácida en peces expuestos a nanopartículas de plata, pero en aquellos expuestos al cobre se encontró una disminución en el número de células mucosas.

En una amplia revisión de la literatura sobre los efectos del sulfato de cobre en la acuicultura, Tavares-Dias (2021) describe estudios donde se indican los efectos subletales y letales del sulfato de cobre en las branquias de diversas especies de peces, donde señalan a la hipertrofia de las células mucosas como una de las alteraciones en este tejido.

De acuerdo con este mismo reporte, las células mucosas reaccionan de manera inmediata a productos químicos en el agua secretando grandes cantidades de moco, sirviendo como una capa protectora.

La productividad en la acuicultura de peces puede verse afectada por el uso de compuestos químicos debido a que las alteraciones en las células branquiales y en particular de las mucosas pueden modificar el intercambio gaseoso, la osmorregulación, la defensa, la reproducción y la excreción de sustancias (Dang et al., 2020).

En el caso particular del cobre se ha señalado que debe ser usado cuidadosamente, ya sea como profiláctico o terapéutico, ya que, si la concentración sobrepasa los límites seguros, los peces pueden ser afectados de manera aguda o a largo plazo (Tavares-Dias et al., 2011).

En el presente estudio, a pesar de que los organismos experimentales tuvieron intervalos sin exposición al sulfato de cobre, al parecer este tiempo no fue suficiente para la recuperación de las células de la mucosa branquial hacia una reacción neutra de sus mucinas o no causar hipertrofia. Al respecto, van den Heuvel et al. (2000) señalan que la recuperación a la normalidad de las branquias de los peces después de un efecto irritante puede demorar entre tres y diez meses.

En el caso del efecto del Romet®-30, no se observaron diferencias significativas, lo que indica que el empleo de dicho producto de manera profiláctica e intermitente, no causa alteraciones histoquímicas en las células de la mucosa branquial.

Las alteraciones branquiales son usadas como biomarcadores de la calidad del agua empleando usualmente tinciones como hematoxilina y eosina donde es posible la cuantificación de las células mucosas (Marinović et al., 2021). Sin embargo, la tinción con azul alcian permite una caracterización más precisa de las células mucosas, pero se sugiere que, además, sea empleada junto con el ácido peryódico, ya que de esta manera se contabiliza una reacción neutra, pudiendo servir como una herramienta ante los posibles cambios en la composición de estas células a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

El uso profiláctico e intermitente de sulfato de cobre a dosis terapéuticas en baños tuvo un efecto significativo negativo en la composición y el número de células de la mucosa branquial en juveniles de bagre, pero el Romet®-30 no causa estas alteraciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo para la realización de este estudio, así como a Fernando Gómez-Castañeda de la piscifactoría Acuamex, Abasolo, Tamaulipas, México, por proporcionar los peces para este estudio.

REFERENCIAS

- Benktander, J., Sundh, H., Sundell, K., Murugan, A. V. M., Venkatakrishnan, V., Padra, J. T., Kolarevic, J., Terjesen, B. F., Gorissen, M., & Lindén, S. K. (2021). Stress impairs skin barrier function and induces α 2-3 linked N-acetylneuraminic acid and core 1 O-glycans on skin mucins in Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1488. <https://doi.org/10.3390/ijms22031488>
- Cabillon, N. A. R., & Lazado, C. C. (2019). Mucosal barrier functions of fish under changing environmental conditions. *Fishes*, 4(1), 2. <https://doi.org/10.3390/fishes4010002>
- Carvalho, T. L. A. B., Nascimento, A. A., Gonçalves, C. F. S., Santos, M. A. J., & Sales A. (2020). Assessing the histological changes in fish gills as environmental biocicators in Paraty and Sepetiba bays in Rio de Janeiro, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(4), 590-601. <http://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2351>
- Dang, M., Pittman, K., Sonne, C., Hansson, S., Bach, L., Søndergaard, J., Stride, M., & Nowak, B. (2020). Histological mucous cell quantification and mucosal mapping reveal different aspects of mucous cell responses in gills and skin of shorthorn sculpins (*Myoxocephalus scorpius*). *Fish & Shellfish Immunology*, 100, 334-344. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.03.020
- De Kinkelin, P., Michel, Ch., & Ghittino, P. (1991). *Tratado de las enfermedades de los peces*. Editorial Acribia.
- Gao, Y., Qiang, L., Zhang, L., Tan, R., Wang, X., & Yu, Y. (2023). Mucosal and humoral responses of javelin goby, *Synechogobius hasta*, after immersion vaccination using killed *Vibrio vulnificus* bacterin. *Aquaculture International*, 31(2), 1097-1113. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-01017-z>
- Haddeland, S., Lazado, C. C., Merkin, G. V., Myre, O. J., Okubamichael, M. A., Pedersen, L., & Pittman, K. (2021). Dynamic morphometrics of mucous cells reveal the minimal impact of therapeutic doses of peracetic acid on Atlantic salmon gill health. *Aquaculture*, 534, 736315. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736315>
- Han, F. X., Hargreaves, J. A., Kingery, W. L., Huggett, D. B., & Schlenk, D. K. (2001). Accumulation, distribution and toxicity of copper in sediments of catfish ponds receiving periodic copper sulfate applications. *Journal of Environmental Quality*, 30(3), 912-919. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.303912x>
- Harris, J. E., Watson, A., & Hunt, S. (1973). Histochemical analysis of mucous cells in the epithelium of brown trout *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology*, 5(3), 345-351.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04463.x>

- Kim, S. G., & Kang, J. C. (2004). Effect of dietary copper exposure on accumulation, growth and hematological parameters of the juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Marine Environmental Research*, 58(1), 65-82. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2003.12.004>
- Khangarot, B. S., & Tripathi, D. M. (1991). Changes in humoral and cell-mediated responses and in skin and respiratory surfaces of catfish, *Saccobranchus fossilis*, following copper exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 22(3), 291-308. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(91\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0147-6513(91)90080-9)
- Lazado, C. C., Haddeland, S., Timmerhaus, G., Berg, R. S., Merkin, G., Pittman, K., & Pedersen, L. F. (2020). Morphomolecular alterations in the skin mucosa of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after exposure to peracetic acid-based disinfectant. *Aquaculture Reports*, 17, 100368. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100368>
- Marinović, Z., Miljanović, B., Urbányi, B., & Lujić, J. (2021). Gill histopathology as a biomarker for discriminating seasonal variations in water quality. *Applied Sciences*, 11(20), 9504. <https://doi.org/10.3390/app11209504>
- Monteiro, S. M., Fontainhas-Fernandes, A., & Sousa, M. (2010). An immunohistochemical study of gill epithelium cells in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 48(1), 112-121. <https://doi.org/10.2478/v10042-008-0105-5>
- Moosavi, M. J., & Shamushaki, V-A. J. (2015). Effects of different levels of copper sulfate on growth and reproductive performances in guppy (*P. reticulata*). *Journal of Aquaculture, Research & Development*, 6(2), 1-4. <https://www.doi.org/10.4172/2155-9546.1000305>
- Mowry, R. W. (1956). Alcian blue techniques for the histochemical study of acidic carbohydrates. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 4, 407-408.
- Nimet, J., Neves, M. P., Viana, N. P., Amorim, J. P. A., & Delariva, R. L. (2020). Histopathological alterations in gills of a fish (*Astyanax bifasciatus*) in neotropical streams: negative effects of riparian forest reduction and presence of pesticides. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(58). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8030-y>
- Osório, J., Stiller, K. T., Reiten, B. K., Kolarevic, J., Johansen, L-H., Afonso, F. & Lazado, C. C. (2022). Intermittent administration of peracetic acid is a mild environmental stressor that elicits mucosal and systemic adaptive responses from Atlantic salmon post-smolts. *BMC Zool*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40850-021-00100-x>
- Ostaszewska, T., Chojnacki, M., & Kamaszewski, M. (2016). Histopathological effects of silver and copper nanoparticles on the epidermis, gills, and liver of Siberian sturgeon. *Environmental Science of Pollution Research*, 23(2), 1621-1633. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5391-9>
- Palma Leotta, M. E., Caliri, M. N., & Cáceres-Jiménez, A. R. R. (2017). Caracterización histológica e histoquímica de branquia, hígado y riñón de perca criolla (*Percichthys trucha*, Valenciennes, (1833) para su uso en biomonitorio ambiental. *Acta Microscopica*, 26(1), 32-45
- Patología en Acuicultura (2023). Hiperplasia de células mucosas branquiales en Salmón del Atlántico (*Salmo salar*): Histopatología. Recuperado el 10 de Mayo 2023 de <https://bit.ly/41aPaLc>.
- Pereira, B. F., & Caetano, F. H. (2009). Histochemical technique for the detection of chloride cells in fish. *Micron*, 40(8), 783-786. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2009.07.010>
- Persson, D., Bjørgen, H., Figenschou, A., Hillestad, L., Koppang, E. O., Nødtvedt, A., & Stormoen, M. (2021). Variation in mucous cell numbers in gills of Atlantic salmon (*Salmo salar*) presmolt in commercial freshwater farms in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(1), 25-32. <https://doi.org/10.1111/jfd.13263>
- Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2018). Biological

- and ecological roles of external fish mucus: a review. *Fishes*, 3(4), 41. <https://doi.org/10.3390/fishes3040041>
- Richardson, L. B., Burton, D. T., Block, R. M., & Stavola, A. M. (1983). Lethal and sublethal exposure and recovery effects of ozone-produced oxidants on adult white perch (*Morone americana* Gmelin). *Water Research*, 17(2), 205-213. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90101-X](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90101-X)
- Rowland, S. J., Mifsud, Ch., Nixon, M., Read, P., & Landos, M. (2009). Use of formalin and copper to control ichthyophthiriosis in the Australian freshwater fish silver perch (*Bidyanus bidyanus* Mitchell). *Aquaculture Research*, 40(1), 44-54. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02061.x>
- Sánchez, J. G., Speare, D. J., & Johnson, G. J. (1997). Morphometric and histochemical assesment of the branquial tissue response of rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum), associated with chloramine-T treatment. *Journal of Fish Diseases*, 20(5), 375-381. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1997.00312.x>
- Smith, S. A., Newman, S. J., Coleman, M. P., & Alex, C. (2018). Characterization of the histologic appearance of normal gill tissue using special staining techniques. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 30(5), 688-698. <https://doi.org/10.1177/1040638718791819>
- Tavares-Dias, M., Ferreira, J. S., Affonso, E. G., Ono, E. A., & Martins, M. L. (2011). Toxicity and effects of copper sulfate on parasitic control and hematological response of tambaqui *Colossoma macropomum*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 37(4), 355-365.
- Tavares-Dias, M. (2021). Toxic, physiological, histomorphological, growth performance and antiparasitic effects of copper sulphate in fish aquaculture. *Aquaculture*, 535, 736350. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736350>
- van den Heuvel, M. R., Power, M., Richards, J., Mackinnon, M., & Dixon, D. G. (2000). Disease and gill lesions in yellow perch (*Perca flavescens*) exposed to oil sands mining associated waters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46(3), 334-341. <https://doi.org/10.1006/eesa.1999.1912>



Primer reporte de *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serotipo Hayindogo en canales de bovino en México

First report of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotype Hayindogo in bovine carcasses in Mexico

Zaydy Suástegui-Urquijo¹, Hugo B. Barrios-García¹, Rigoberto Hernández-Castro², Ana V. Martínez-Vázquez³, Armando Navarro-Ocaña⁴, Juan Xicohtencatl-Cortes⁵, José Vázquez-Villanueva^{1*}

RESUMEN

La salmonelosis representa una de las principales Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA), asociada a una variedad de productos. *Salmonella* puede generar patologías agudas en diversas especies animales y el humano. El objetivo del presente estudio fue detectar la presencia de *Salmonella* spp. y la diversidad de serovares de *S. enterica* subespecie *enterica* a partir de canales de bovino para abasto. Durante siete meses se tomaron 94 muestras obtenidas de un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) en el noreste de México. De las 94 muestras, seis (6.4%) fueron positivas a *Salmonella* spp. Los aislamientos fueron identificados utilizando el sistema Vitek 2, MALDI-TOF MS, y se confirmaron mediante PCR utilizando el gen *invA*. De los seis aislamientos se identificaron los serotipos *S. Anatum* (33.3%), *S. Cerro* (16.7%), *S. Montevideo* (16.7%) *S. Muenster* (16.7%) y *S. Hayindogo* (16.7%). Sólo se detectó resistencia fenotípica a trimetoprim/sulfametoxazol en la cepa de *S. Muenster*. En México, no se tiene

ABSTRACT

Salmonellosis represents one of the major foodborne illnesses associated with a variety of products. It can cause disease in several animal species including humans. The aim of this study was to detect the presence of *Salmonella* spp. and serovar diversity of *S. enterica* subsp. *enterica* from bovine carcasses after slaughter. During seven months, samples were collected from carcasses at a Federal Inspected Type Abattoir (in Spanish Tipo Inspección Federal, TIF) in northeastern Mexico. Of the 94 samples, 6.4% were positive for *Salmonella* spp. The isolates were identified using the Vitek 2, MALDI-TOF MS system, and confirmed by PCR using *invA* gene. Of the six isolates, the serotypes *S. Anatum* (33.3%), *S. Cerro* (16.7%), *S. Montevideo* (16.7%), *S. Muenster* (16.7%), and *S. Hayindogo* (16.7%) were identified. Phenotypic resistance was only observed to sulfa/trimethoprim in the *S. Muenster* strain. In Mexico, there are no reports of Hayindogo serovar; this could be the first published finding for this *Salmonella* serotype,

Autor para correspondencia: jvazquez@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 14 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Departamento de Ecología de Agentes Patógenos, Hospital General “Dr. Manuel Gea González”, Ciudad de México, México.

³Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Blvd. del Maestro and Elías Piña, Reynosa 88710, Tamaulipas, México.

⁴Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México.

⁵Laboratorio de Bacteriología Intestinal, Unidad de Hemato-Oncología e Investigación, Hospital Infantil de México Dr. Federico Gómez, Cuauhtémoc, México.

reportes del serotipo Hayindogo, por lo que éste sería el primer hallazgo publicado para esta serovariedad de *Salmonella*, y para el serotipo Montevideo sería la primera detección en canales de bovino.

Palabras clave: canales, bovino, *Salmonella*, serotipo, *S. Hayindogo*

and for Montevideo serovar it would be the first detection in bovine carcasses.

Keywords: carcasses, bovine, *Salmonella*, serovar, *S. Hayindogo*

INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) son producidas por microorganismos patógenos. La carne es uno de los productos que con mayor frecuencia está asociada a ETA debido a sus características y propiedades fisicoquímicas naturales; además, contiene nutrientes que son necesarios para que las bacterias se multipliquen y en consecuencia se convierte en un vehículo de transmisión (Carraturo et al., 2016). Entre las principales bacterias patógenas que pueden contaminar la carne de res se encuentran *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* productoras de toxinas shiga, y *Salmonella* spp; la mayoría de éstas están frecuentemente involucradas en casos y brotes de ETA (Iglesias et al., 2017; Loiko et al., 2016). La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una lista de más de 200 patógenos, en donde *Salmonella* está considerada dentro de los principales agentes que se transmiten al humano al contaminar diferentes tipos alimentos y subproductos (Pui et al., 2011; Zaidi et al., 2006).

Salmonella es una bacteria Gram negativa de la familia *Enterobacteriaceae*. De acuerdo con la nomenclatura más reciente aprobada por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, Centers for Disease Control and Prevention), el género *Salmonella* está representado por dos especies *S. bongori* y *S. enterica*, éstas a su vez se subclasifican en subespecies y posteriormente en serotipos. Alrededor del 99% de los serotipos responsables de las infecciones en el hombre se atribuyen a la subespecie *enterica* (Sánchez-Vargas et al., 2011), la cual incluye más de 2,500 serotipos, de los cuales la mayoría reside en el tracto gastrointestinal de numerosas especies de animales domésticos y salvajes, y es el agente causal de la salmonelosis, una enfermedad aguda de distribución mundial que presenta frecuencias variables de serotipos de un país a otro (Bahnass et al., 2015; Nouichi et al., 2018). Se estima que se presentan 93.8 millones de casos de gastroenteritis humana asociada a salmonelosis, la cual es responsable de 155,000 muertes a nivel mundial cada año (WHO, 2015).

La detección de *Salmonella* spp. se realiza por métodos de cultivo bacteriano que implica el crecimiento e identificación por pruebas bioquímicas. Para el aislamiento e identificación se requiere de 3 a 11 días de cultivo, caldos de enriquecimiento selectivo, agaros de cultivo selectivo y pruebas bioquímicas (Gallegos-Robles et al., 2009). Otra alternativa para la detección de *Salmonella* son los métodos moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que permiten acortar los tiempos de diagnóstico (Can et al., 2014; Karmi, 2013; Lee et al., 2009); uno de los marcadores genéticos más utilizados para la identificación del género *Salmonella* es el gen *invA* (Calayag et al., 2017). La serología es una herramienta indispensable para la completa identificación de los aislamientos (Grimont & Weill, 2007).

La Resistencia a los Antimicrobianos (RAM) es considerada una preocupación mundial emergente y representa una de las mayores amenazas para la salud pública. El riesgo principal podría deberse a la transmisión potencial de bacterias resistentes a los antimicrobianos entre animales y humanos a través de diversas vías (Founou et al., 2016; Roca et al., 2015); situación que ha provocado preocupación generalizada sobre la aparición de resistencia a los “Antimicrobianos de Importancia Crítica, CIA” (del inglés Critically Important Antimicrobials) en bacterias transmitidas por animales, las cuales podrían tener efectos perjudiciales para la salud humana (Economou & Gousia, 2015). La resistencia de *Salmonella* no tifoidea a los CIA es de particular preocupación debido a que el microorganismo se transmite fácilmente a los humanos por el consumo de productos cárnicos poco cocidos (Mukerji et al., 2017).

En México, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, organismo responsable de manejar estadísticas sanitarias, para el año 2018 reportó 5,725,260 casos de enfermedades infecciosas intestinales, donde *Salmonella* se encuentra en los primeros lugares. Sin embargo, en México existe poca información acerca de la presencia o ausencia de este patógeno en animales, así como de los serotipos presentes. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de *Salmonella* spp. en canales de bovino para abasto, sacrificados en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en un rastro TIF para bovinos, ubicado en el estado de Tamaulipas, al noreste de México, durante un período de siete meses (abril-octubre-2011).

Muestreo

Un total de 94 canales fueron analizadas, tres muestreos por mes, con una media de 13 canales mensuales, seleccionadas al azar. La toma y manejo de muestras se realizó conforme a la NOM-109-SSA1-1994 y al Programa de Reducción de Patógenos para rastros TIF (SENASICA, 2010). Antes del muestreo, las canales permanecieron entre 12 y 18 h a 4 °C después del sacrificio. Para la toma de muestras se utilizaron esponjas estériles húmedas con agua peptonada tamponada; se tomó muestra de tres sitios de la canal (pecho, falda y región perianal) y se abarcó una superficie de 100 cm² en cada punto; después las esponjas se colocaron en bolsas de plástico estériles (Speci-Sponge®, Nasco Whirl-Pak) que contenían 25 mL de solución salina tamponada con fosfatos (PBS, Phosphate-Buffered Saline). Las muestras se mantuvieron refrigeradas (4 °C) hasta su proceso bacteriológico, por un máximo de 4 h.

Aislamiento e identificación de *Salmonella* spp.

El aislamiento de *Salmonella* spp., se realizó con base a la NOM-114-SSA1-1994. De la suspensión (esponja-agua peptonada) se tomaron 10 mL para una etapa de pre-enriquecimiento en caldo lactosado (BD Bioxon, Cat. 211700) y se incubó a 37 °C por 24 h; transcurrido el tiempo se transfirió un mililitro a caldo tetrionato (BD Bioxon, Cat. 211686) y caldo selenito-cistina (Difco, Cat. 227540), y se incubaron a 35 °C por 24 h. De cada tubo se sembró en agar xilosa lisina desoxicolato (Difco, Cat. 278850), agar sulfito bismuto (Difco, Cat. 273300) y agar *Shigela-Salmonella* (Difco, Cat. 274500) y se incubaron a 35 °C por 24 h. Las colonias que presentaron crecimiento característico de *Salmonella* se aislaron en agar soya tripticaseína (Difco, Cat. 236950). Para la identificación se realizaron pruebas bioquímicas en agar hierro y triple azúcar (Difco, Cat. 226540), agar hierro y lisina (Difco, Cat.284920), prueba de urea, agar citrato de Simmons, sulfuro indol movilidad,

rojo de metilo y Voges Proskauer y caldo malonato. Para conformar la identificación bacteriana, se realizaron pruebas de espectrometría de masas utilizando el sistema Vitek 2 y MALDI-TOF MS (Vitek-MS) (Singhal et al., 2015).

Identificación molecular

Para la extracción del ADN, los aislados fueron sembrados en agar sangre (5% sangre de oveja) e incubados a 37 °C/24 h en aerobiosis. Posteriormente el cultivo fue colocado en 200 µL de agua estéril y sometido a ebullición por 15 min, después se centrifugó por 5 min a 11,015 g, finalmente 10 µL del sobrenadante fue tomado como template para los ensayos de amplificación. La identificación molecular fue realizada mediante PCR, se utilizaron los iniciadores (5'-GCTGCGCGC-GAACGGCGAAG-3') y (5'-TCCCGGCAGAGTTCCCATT-3') para amplificar una fracción de 254 pb del gen *invA* (Malorny et al., 2003; Rahn et al., 1992). La mezcla de reacción de PCR se llevó a cabo en un volumen total de 25 µL, que contenía 1 µL de ADN molde, 5 µL de buffer 1x, 2.5 µL de MgCl₂ 25 mM, 0.5 µL de dNTP 10 mM, 0.5 µL de cebadores, 0.25 µL 5U/µL de Taq ADN polimerasa y 15 µL de agua libre de nucleasas. El protocolo de amplificación consistió en una desnaturalización inicial de 94 °C/5 min, seguido por 30 ciclos a 94 °C/30 s, 67 °C/30 s, 72 °C/45 s y una extensión final de 72 °C/5 min. Los productos de PCR fueron visualizados en gel de agarosa al 1.5%, teñidos con bromuro de etidio (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA).

Identificación serológica

La serotipificación se realizó mediante el esquema de Kauffmann-White (Grimont & Weill, 2007; Poppoff & Le Minor, 2015). El antígeno somático (O) se determinó mediante un antígeno O polivalente para los serogrupos A, B, C, D, E, F y G, y un antígeno O monovalente para los serogrupos específicos A, C, D, E y F. Los antígenos flagelares (H), fase 1 y fase 2, se determinaron mediante el método Spicer-Edwards, se utilizaron antisueros monovalentes para los serogrupos específicos A, B, C, D, E y F. La combinación de serogrupo somático y antígenos flagelares de fase 1 y fase 2 identifican el serotipo de *Salmonella*.

Pruebas de susceptibilidad a antimicrobianos

La susceptibilidad antimicrobiana se realizó mediante el sistema Vitek 2 (bioMérieux), se utilizaron puntos de corte de concentración mínima estandarizados, de acuerdo con las recomendaciones del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2015). Se probaron 16 agentes antimicrobianos: ampicilina (AM), ampicilina/sulbactam (A/S), amoxicilina/ácido clavulánico (AUG), aztreonam (AZT), cefotaxima (CAX), cefazolina (CAZ), cefepima (CFT), ciprofloxacino (CP), ceftriaxona (CPE), gatifloxacina (GAT), imipenem (IMP), levofloxacina (LVX), piperacilina/tazobactam (P/T), piperacilina (PI), trimetoprim/sulfametoxazol (T/S) y ticarcilina/ácido clavulánico (TIM). Se utilizó la cepa *Escherichia coli* ATCC 25922 como control para la prueba de susceptibilidad.

RESULTADOS

En un período de siete meses se analizaron 94 canales de bovino. Se aislaron seis cepas de *Salmonella* spp. en seis de las 94 canales, lo que representa un 6.4%. Cronológicamente los aislamientos se encontraron de la siguiente manera: uno en mayo, dos en agosto y tres en septiembre (Tabla 1). Las seis cepas fueron identificadas bioquímicamente como *Salmonella* spp., posteriormente fueron confirmadas por PCR punto final utilizando el gen *invA* (Tabla 1). Por pruebas serológicas se determinó que los seis aislados de *Salmonella* corresponde a los serotipos Muenster (33.3%), Anatum (16.7%), Cerro (16.7%), Montevideo (16.7%) y Hayindogo (16.7%).

■ Tabla 1. Serotipos de *Salmonella enterica* detectados en canales de bovino.

Meses de estudio	Canales analizadas	No. aislados	PCR	Serotipo
Abril	10	0		
Mayo	16	1	Positivo	Montevideo
Junio	12	1	Positivo	Hayindogo
Julio	12	0		
Agosto	12	2	Positivo	Muenster (2)
Septiembre	16	2	Positivo	Anatum y Cerro
Octubre	16	0		
Total	94	6		

La mayoría de las cepas (4/6, 66.7%) mostraron patrones de sensibilidad a todos los antimicrobianos analizados (AM, A/S, AUG, AZT, CAX, CAZ, CFT, CP, CPE, GAT, IMP, LVX, P/T, PI, T/S y TIM), excepto los aislados de *S. Muenster* (2/6) que fueron resistentes a trimetoprim/sulfametoxazol (≥ 320 mg/mL). Ninguna de las seis cepas analizadas mostró multirresistencia.

DISCUSIÓN

La carne de res que se consume en México proviene de dos tipos de mataderos, los TIF y municipales; los primeros operan bajo condiciones sanitarias que garantizan la inocuidad de los productos obtenidos y facilitan la comercialización tanto en el mercado nacional como internacional; no así en los municipales, que son menos rigurosos y están dirigidos para atender la demanda del comercio local y regional. La adquisición de carne por tipo de unidad de sacrificio dependerá de las condiciones geográficas y/o socioeconómicas de los consumidores (Garza-García et al., 2020).

En México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-114-SSA1-1994) regula la detección de *Salmonella* spp. en alimentos en general y determina que debe estar ausente en 25 g de muestra. Para el caso de canales de bovino, los lineamientos de SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) descritos en el Programa de Reducción de Patógenos para establecimientos TIF, autorizados para la exportación de carne y productos cárnicos hacia los Estados Unidos de América (USA, United States of America), permite una muestra positiva anual a *Salmonella* spp. por cada 82 muestras de canales analizadas durante un año. Esta baja frecuencia de muestras positivas permite la exportación de carne y otros productos hacia USA. Sin embargo, a pesar del programa permanente para la detección de este patógeno en los mataderos, se ha reportado la presencia de *Salmonella* y otros microorganismos (Garza-García et al., 2020; Narvaez-Bravo et al., 2013; Perez-Montaño et al., 2012).

En el presente estudio, *Salmonella* spp. fue identificada en el 6.4% de las muestras de canales de bovino analizadas; porcentaje similar a lo reportado por Narvaez-Bravo et al. (2013), con un 6% de aislamientos en canales de un matadero TIF. Respecto a otros estudios en México, la frecuencia de muestras positivas en este estudio fue menor que lo reportado por Hernández et al. (2007), trabajo en el que evaluaron el proceso de sacrificio en un rastro municipal en el Estado de Hidalgo, México, encontrando 11% de este agente; otro estudio similar en el estado de Jalisco, México, por Perez-Montaño et al. (2012) reportaron 15.4% de muestras positivas a *Salmonella* spp., realizado en cuatro mataderos municipales. Por otro lado, Garza-García et al. (2020) reportaron un 3% de muestras positivas a *Salmonella enterica* en un estudio realizado en canales de bovino en un rastro TIF en Mexicali, Baja California, México, valor menor a lo encontrado en este estudio. En países

desarrollados, el proceso de sacrificio y faenado son estrictos, por lo que la presencia de *Salmonella* suele ser baja. Estudios en Canadá (Corantin et al., 2005) y USA (Abley et al., 2012) reportaron tasas del 0% de *Salmonella*. Otro estudio en Canadá informó una prevalencia del 0.1% (Bohaychuk et al., 2011). Sin embargo, cuando existen fallos en el proceso de matanza, se pueden encontrar valores altos de *Salmonella*, como lo han reportado Schmidt et al. (2012) con un 16.5% en USA. En estudios similares, Tadesse y Tessena (2014), reportaron una prevalencia de 7.1%, valores parecidos a los detectados en este estudio.

De acuerdo con el Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria de Estados Unidos de América (Department of Food Safety and Inspection Service, FSIS-USDA, 2012), los 10 serotipos de *Salmonella* que más se aislaron de carne y productos avícolas en USA entre 1998 y 2012 fueron Kentucky, Enteritidis, Typhimurium, Heidelberg, Montevideo, Schwarzengrund, Hadar, Infantidis, Thompson y Dublín. Sin embargo, en el presente estudio, los aislamientos de *Salmonella* en canales de bovino mostraron cinco serotipos: Anatum, Cerro, Hyindogo, Montevideo y Muenster. En comparación con los estudios del FSIS, el único serotipo que coincide con nuestro estudio es Montevideo.

Salmonella serotipo Anatum se ha encontrado en diversos productos alimenticios y en diferentes partes del mundo, Van et al. (2007) lo reportaron en carne de cerdo, pollo, pescado y res; Ebuchi et al. (2006) lo reportaron en dos brotes asociados a la mezcla de carnes a la parrilla mal cocidas (res, pollo y pescado); Van Kessel et al. (2011) lo detectaron en leche cruda en USA, incluyendo el serotipo Cerro. En México, *S. Anatum* fue reportado por Paniagua et al. (2007) asociado con diarreas en niños de la Ciudad de México; Torres-Vitela et al. (2012) lo detectaron en quesos; Quiroz-Santiago et al. (2009) en perejil, cilantro, coliflor, lechuga y espinacas; en el estado de Tamaulipas, Charles-Hernández et al. (2007) lo asociaron con alimentos poco cocinados, lo que coincide con nuestros resultados.

Salmonella serotipo Cerro encontrado en este estudio, también fue identificado por Zaidi et al. (2006) en carne de res de venta al menudeo en el estado de Yucatán, México. En el caso de *S. Montevideo*, Domínguez et al. (2009) lo asociaron a diversos brotes por el consumo de quesos elaborados con leche de vaca; y Gaffga et al. (2012) en aves de corral; también detectado en canales de pollo (Berrang et al. 2009; Lestari et al., 2009). En otro estudio, se detectaron los serotipos Montevideo, Worthington y Muenster en alimentos deshidratados para perros (Selmi et al., 2011). El serotipo Muenster también fue detectado en quesos de cabra (van Cauteren et al., 2009) y en leche cruda (Van Kessel et al., 2011).

En México, el serotipo Montevideo fue reportado en quesos (Torres-Vitela et al., 2012), y en tomates hidropónicos (Orozco et al., 2008). Hasta donde sabemos, este es el primer caso identificado del aislamiento de *Salmonella* serotipo Montevideo en canales de bovino.

Finalmente, *Salmonella* serotipo Hayindogo ha sido aislado de infecciones intestinales en caballos (Van Rensburg et al., 1995), detectado en aves de corral (Kidanimariam et al., 2010) y reportado en tres casos en humanos (FSIS-USDA, 2012). En el presente estudio, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotipo Hayindogo fue detectado en una canal de bovino para abasto, por lo que este sería el primer hallazgo reportado para ese serotipo en México.

CONCLUSIONES

En conclusión, en el presente estudio la prevalencia de *Salmonella* spp. fue del 6.4%, se identificaron cinco serotipos de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (Muenster, Anatum, Cerro, Montevideo y Ha-

yindogo). La identificación del serotipo Montevideo sería la primera detección en canales de bovino, y para Hayindogo este podría ser el primer hallazgo publicado para este serotipo en México.

REFERENCIAS

- Abley, M. J., Wittum, T. E., Zerby, H. N., & Funk, J. A. (2012). Quantification of *Campylobacter* and *Salmonella* in cattle before, during, and after the slaughter process. *Foodborne Pathogens and Disease*, 9(2), 113-119. <https://doi.org/10.1089/fpd.2011.0931>
- Bahnass, M. M., Fathy, A. M., & Alamin, M. A. (2015). Identification of human and animal *Salmonella* spp. isolates in Najran region and control of it. *International Journal of Advanced Research*, 3(1), 1014-1022. https://www.journalijar.com/uploads/833_IJAR-4895.pdf
- Berrang, M. E., Bailey, J. S., Altekruise, S. F., Shaw, W. K., Patel, B. L., Meinersmann, R. J., & Fedorka-Cray, P. J. (2009). Prevalence, serotype, and antimicrobial resistance of *Salmonella* on broiler carcasses postpick and postchill in 20 U.S. processing plants. *Journal of Food Protection*, 72(8), 1610-1615. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.8.1610>
- Bohaychuk, V. M., Gensler, G. E., & Barrios, P. R. (2011). Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(10), 1095-1100. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22467964/>
- Calayag, A. M. B., Paclibare, P. A. P., Santos, D. M., Bautista, C. A. C., & Rivera, W. L. (2017). Molecular characterization and antimicrobial resistance of *Salmonella enterica* from swine slaughtered in two different types of Philippine abattoir. *Food Microbiology*, 65, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.01.016>
- Can, H. Y., Elmali, M., Karagöz, A., & Öner, S. (2014). Detection of *Salmonella* spp., *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhi and *Salmonella* Typhimurium in cream cakes by polymerase chain reaction (PCR). *Medycyna Weterynaryjna*, 70(11), 689-692. <http://www.medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2014/112014/201411689692.pdf>
- Carraturo, F., Gargiulo, G., Giorgio, A., Aliberti, F., & Guida, M. (2016). Prevalence, distribution, and diversity of *Salmonella* spp. in meat samples collected from Italian slaughterhouses. *Journal of Food Science*, 81(10): M2545-M2551. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13430>
- Charles-Hernández, G. L., Medina-Solís, C. E., & Hernández-Romano, J. (2007). Prevalencia de *Salmonella* sp en alimentos en el Estado de Tamaulipas durante el año 2005. *Revista de Investigación Clínica*, 59(6), 437-443. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=40792>
- CLSI. (enero, 2015). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Fifth Informational 376 Supplement M100-S25*. Clinical and Laboratory Standards Institute. Recuperado el 21 de mayo del 2023 de https://clsi.org/media/3481/m100ed30_sample.pdf
- Corantin, H., Quessy, S., Gauche, M. L., Lessard, L., Leblanc, D., & Houde, A. (2005). Effectiveness of steam pasteurization in controlling microbiological hazards of cull cow carcasses in a commercial plant. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 69(3), 200-207. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16187550/>
- Dominguez, M., Jourdan-Da Silva, N., Vaillant, V., Pihier, N., Kermin, C., Weill, F.X., Delmas, G., Kerouanton, A., Brisabois, A., & de Valk, H. (2009). Outbreak of *Salmonella enterica* serotype Montevideo infections in France linked to consumption of cheese made from raw milk. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(1), 121-128. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0086>
- Ebuchi, S., Baba, A., Uryu, K., & Hiwaki, H. (2006). Two outbreaks caused by *Salmonella* Derby and S.

- Anatum at grilled-meat restaurants in Fukuoka city. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 59(6), 405-406. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17186965/>
- Economou, V., & Gousia, P. (2015). Agriculture and food animals as a source of antimicrobial-resistant bacteria. Infection and drug resistance. *Infection and Drug Resistance*, 8, 49-61. <https://doi.org/10.2147/IDR.S55778>
- Founou, L. L., Founou, R. C., & Essack, S. Y. (2016). Antibiotic resistance in the food chain: a developing country-perspective. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1881. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01881>
- FSIS-USDA. (enero 2012). *Serotypes Profile of Salmonella Isolates from Meat and Poultry Products 1998 through December 2012*. Department of Food Safety and Inspection Service, United States Department of Agriculture. Recuperado el 9 de junio del 2023 de https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-10/Salmonella-Serotype-Annual-2014.pdf
- Gaffga, N. H., Barton, B. C., Ettestad, P. J., Smelser, C. B., Rhorer, A. R., Cronquist, A. B., Comstock, N. A., Bidol, S. A., Patel, N. J., Gerner-Smidt, P., Keene, W. E., Gomez, T. M., Hopkins, B. A., Sotir, M. J., & Angulo, F. J. (2012). Outbreak of salmonellosis linked to live poultry from a mail-order hatchery. *The New England Journal of Medicine*, 366(22), 2065-2073. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1111818>
- Gallegos-Robles, M. A., Morales-Loredo, A., Álvarez-Ojeda, G., Osuna-García, J. A., Martínez, I. O., & Morales-Ramos. (2009). PCR Detection and Microbiological Isolation of *Salmonella* spp. from Fresh Beef and Cantaloupes. *Journal of Food Science*, 74(1), M37-M40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01006.x>
- Garza-García, J. A. D. L., Rubio-Lozano, M. S., Wachter-Rodarte, M. D. C., Navarro-Ocaña, A., Hernandez-Castro, R., Xicohtencatl-Cortes, J., & Delgado Suarez, E. J. (2020). Frequency of contamination and serovars of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* in an integrated cattle slaughtering and deboning operation. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 971-990. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5111>
- Grimont, P. A. D., & Weill, F. (enero, 2007). *Antigenic formulae of the Salmonella serovars*. WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur. https://www.pasteur.fr/sites/default/files/veng_0.pdf
- Hernández, S. J. S., Zúñiga-Estrada, A., Sánchez-Ortega, I., Castro-Rosas, J., Román-Gutiérrez, A. D., & Santos-López, E. M. (2007). Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. *Veterinaria México*, 38(2), 187-195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42338205>
- Iglesias, M. A., Kroning, I. S., Decol, L. T., de Melo-Franco, B. D. G., & Da-Silva, W. P. (2017). Occurrence and phenotypic and molecular characterization of *L. monocytogenes* and *Salmonella* spp. in slaughterhouses in southern Brazil. *Food Research International*, 100, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.023>
- Karmi, M. (2013). Detection of virulence gene (*invA*) in *Salmonella* isolated from meat and poultry products. *International Journal of Genetics*, 3(2), 07-12. [https://idosi.org/ijg/3\(2\)13/1.pdf](https://idosi.org/ijg/3(2)13/1.pdf)
- Kidanemariam, A., Engelbrecht, M., & Picard, J. (2010). Retrospective study on the incidence of *Salmonella* isolations in animals in South Africa, 1996 to 2006. *Journal of the South African Veterinary Association*, 81(1), 37-44. <https://doi.org/10.4102/jsava.v81i1.94>
- Lee, S. H., Jung, B. Y., Rayamahji, N., Lee, H. S., Jeon, W. J., Choi, K. S., Kweon, C. H., & Yoo, H. S. (2009). A multiplex real-time PCR for differential detection and quantification of *Salmonella* spp., *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and Enteritidis in meats. *Journal of Veterinary Science*, 10(1), 43-51. <https://doi.org/10.4142/jvs.2009.10.1.43>
- Lestari, S.I., Han, F., Wang, F., & Ge, B. (2009). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella*

- serovars in conventional and organic chickens from Louisiana retail stores. *Journal of Food Protection*, 72(6), 1165-1172. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.6.1165>
- Loiko, M. R., De-Paula, C. M. D., Langone, A. C. J., Rodrigues, R. Q., Cibulski, S., Rodrigues, R. O., Camargo, A. C., Nero, L. A., Mayer, F. Q., & Tondo, E. C. (2016). Genotypic and antimicrobial characterization of pathogenic bacteria at different stages of cattle slaughtering in southern Brazil. *Meat Science*, 116, 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.01.010>
- Malorny, B., Hoorfar, J., Bunge, C., & Helmuth, R. (2003). Multicenter validation of the analytical accuracy of *Salmonella* PCR: towards an international standard. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 290-296. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.290-296.2003>
- Mukerji, S., O'Dea, M., Barton, M., Kirkwood, R., Lee, T., & Abraham, S. (2017). Development and transmission of antimicrobial resistance among Gram-negative bacteria in animals and their public health impact. *Essays in Biochemistry*, 61, 23-35. <https://doi.org/10.1042/EBC20160055>
- Narvaez-Bravo, C., Miller, M. F., Jackson, T., Jackson, S., Rodas-Gonzalez, A., Pond, K., Echeverry, A., & Brashears, M. M. (2013). *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 Prevalence in cattle and on carcasses in a vertically integrated feedlot and harvest plant in Mexico. *Journal of Food Protection*, 76(5), 786-795. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-079>
- NOM-109-SSA1-1994. (4 de noviembre, 1994). Secretaría de Salud. *Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995#gsc.tab=0
- NOM-114-SSA1-1994. (15 de agosto, 1994). Secretaría de Salud. *Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4874305&fecha=23/05/1995#gsc.tab=0
- Nouichi, S., Ouattouat, R., Can, H., Mezali, L., Belkader, C., Ouar-Korichi, M., & Hamdi, T. (2018). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from bovine and ovine samples in slaughterhouses of Algiers, Algeria. *The Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 69(1), 863-872. <https://doi.org/10.12681/jhvms.16441>
- Orozco, L., Rico-Romero, L., & Escartín, E. F. (2008). Microbiological profile of greenhouses in a farm producing hydroponic tomatoes. *Journal of Food Protection*, 71(1), 60-65. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.1.60>
- Paniagua, G. L., Monroy, E., García-González, O., Alonso, J., Negrete, E., & Vaca, S. (2007). Two or more enteropathogens are associated with diarrhoea in Mexican children. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 6, 17. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-6-17>
- Perez-Montaño, J. A., Gonzalez-Aguilar, D., Barba, J., Pacheco-Gallard, C., Campos-Bravo, C. A., Garcia, S., Heredia, N. L., & Cabrera-Diaz, E. (2012). Frequency and antimicrobial resistance of *Salmonella* serotypes on beef carcasses at small abattoirs in Jalisco State, Mexico. *Journal of Food Protection*, 75(5), 867-873. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-423>
- Popoff, M. Y., & Le, Minor E. (2015). *Salmonella*. In: Whitman W B, editor, *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. https://www.bergeys.org/instructions-for-authors/BMSAB_contributor_guidelines_1.12.pdf
- Pui, C. F., Wong, W. C., Chai, L. C., Tunung, R., Jeyaletchumi, P., Noor Hidayah, M. S., Ubong, A., Farinazleen, M. G., Cheah, Y. K., & Son, R. H. (2011). *Salmonella*: A foodborne pathogen. *International Food Research Journal*, 8(2), 465-473. [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(02\)%202011/\(1\)%20IFRJ-2010-306.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(02)%202011/(1)%20IFRJ-2010-306.pdf)
- Quiroz-Santiago, C., Rodas-Suárez, O. R., Carlos, R. V., Fernández, F.J., Quiñones-Ramírez, E. I., & Vázquez-Salinas, C. (2009). Prevalence of *Salmonella* in vegetables from Mexico. *Journal*

- of *Food Protection*, 72(6), 1279-1282. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.6.1279>
- Rahn, K., De Gradis, S. A., Clarke, R. C., McEwen, S. A., Galan, J. E., & Ginocchio, C. (1992). Amplification of an *invA* gene sequence of *Salmonella typhimurium* by polymerase chain reaction as a specific method of detection of *Salmonella*. *Molecular and Cellular Probes*, 6(4), 271-279. [https://doi.org/10.1016/0890-8508\(92\)90002-F](https://doi.org/10.1016/0890-8508(92)90002-F)
- Roca, I., Akova, M., Baquero, F., Carlet, J., Cavaleri, M., Coenen, S., Cohen, J., Findlay, D., Gyssens, I., Heuer, O. E., Kahlmeter, G., Kruse, H., Laxminarayan, R., Liébana, E., López-Cerero, L., MacGowan, A., Martins, M., Rodríguez-Baño, J., Rolain, J. M., Segovia, C., Sigauque, B., Tacconelli, E., Wellington, E., & Vila, J. (2015). The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention. *New Microbes and New Infections*, 16(6), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2015.02.007>
- Sánchez-Vargas, F. M., Abu-El-Haiba, M. A., & Gómez-Duarte, O. G. (2011). *Salmonella* infections: An update on epidemiology, management, and prevention. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 9(6), 263-277. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2011.11.001>
- Schmidt, J. W., Arthur, T. M., Bosilevac, J. M., Kalchayanand, N., & Wheeler, T. L. (2012). Detection of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* in air and droplets at three U.S. commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection*, 75(12), 2213-2218. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-206>
- Selmi, M., Stefanelli, S., Bilei, S., Tolli, R., Bertolotti, L., Marconi, P., Giurlani, S., De Lucia, P. G., Ruggeri, G., & Pagani, A. (2011). Contaminated commercial dehydrated food as source of multiple *Salmonella* serotypes outbreak in a municipal kennel in Tuscany. *Veterinaria Italiana*, 47(2), 183-190. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21706471/>
- SENASICA. (enero, 2010). *Programa de Reducción de Patógenos*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección de Establecimientos Tipo Inspección Federal. Recuperado el 12 de abril del 2021 de <https://www.gob.mx/senasica/documentos/programa-de-reduccion-de-patogenos?state=published>
- Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K., & Viridi, J. S. (2015). MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in Microbiology*, 5(6), 791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
- Tadesse, G., & Tessema, T. S. (2014). A met-analysis of the prevalence of *Salmonella* in food animals in Ethiopia. *BioMed Central Microbiology*, 14(1), 270. <https://doi.org/10.1186/s12866-014-0270-y>
- Torres-Vitela, M. R., Mendoza-Bernard, M., Castro-Rosas, J., Gomez-Aldapa, C. A., Garay-Martinez, L. E., & Navarro-Hidalgo, V. (2012). Incidence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and Staphylococcal enterotoxin in two types of Mexican fresh cheeses. *Journal of Food Protection*, 75(1), 79-84. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-258>
- van Cauteren, D., Jourdan-da Silva, N., Weill, F. X., King, L., Brisabois, A., & Delmas, G. (2009). Out break of *Salmonella enterica* serotype Muenster infections associated with goat's cheese, France, March 2008. *Euro Surveillance*, 14(31), 1-3. <https://doi.org/10.2807/ese.14.31.19290-en>
- Van Kessel, J. A. S., Karns, J. S., Lombard, J. E., & Koprak, C. A. J. (2011). Prevalence of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* virulence factors in bulk tank milk and in-line filters from U.S. dairies. *Journal of Food Protection*, 74(5), 759-768. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-423>
- Van Rensburg, I. B., Jardine, J. E., Carstens, J. H., & van der Walt, M. L. (1995). The prevalence of intestinal *Salmonella* infection in horses submitted for necropsy. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 62(1), 65-67. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8539039/>
- Van, T. T., Moutafis, G., Istivan, T., Tran, L. T., & Coloe, P. J. (2007). Detection of *Salmonella* spp. in retail raw food samples from Vietnam and characterization of their antibiotic resistance.

Applied and Environmental Microbiology, 73(21), 6885-6890. <https://doi.org/10.1128/AEM.00972-07>

WHO. (febrero, 2015). *Salmonella health topic*. World Health Organization. Recuperado el 27 de octubre 2021 de <http://www.who.int/topics/salmonella/en/index.html>

Zaidi, M. B., McDermott, P. F., Fedorka-Cray, P., Leon, V., Canche, C., Hubert, S. K., Abbott, J., León, M., Zhao, S., Headrick, M., & Tollefson, L. (2006). Nontyphoidal *Salmonella* from human clinical cases, asymptomatic children, and raw retail meats in Yucatan, Mexico. *Clinical Infectious Diseases*, 42(1), 21-28. <https://doi.org/10.1086/498508>



Desparasitación selectiva dirigida de ovinos Dorper en una granja del centro de Tamaulipas, México

Targeted selective deworming of Dorper sheep in a farm from the central zone of Tamaulipas, Mexico

Jesús Humberto Reyna-Fuentes¹, Cecilia Carmela Zapata-Campos^{1*}, Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta³, Jaime Salinas-Chavira¹, Luis Eliezer Cruz-Bacab²

RESUMEN

La desparasitación selectiva dirigida (DSD) permite reducir la frecuencia de animales tratados con antihelmínticos (AH) en rebaños de ovinos. Se desconoce si la DSD pudiera funcionar en ovejas de raza Dorper, que es una raza muy susceptible a nemátodos gastrointestinales (NGI). Este estudio evaluó la estrategia de DSD en una granja de ovinos Dorper en la zona centro de Tamaulipas, México. Primero, se determinó cuál AH podía ser usado en la DSD. Se realizó el diagnóstico de resistencia con las tres clases de AH de amplio espectro (levamisol, fenbendazol, ivermectina) y la combinación de levamisol y fenbendazol, mediante la prueba de reducción de huevos en heces. Posteriormente, se estableció el esquema DSD mensual durante 6 meses, en una población de entre 74 y 98 ovejas adultas. A cada oveja se le determinó una vez al mes la FAMACHA[®], condición corporal (CC) y se obtuvo una muestra de heces de los animales flacos (CC \leq 2) o con mucosa pálida (FAMACHA[®] $>$ 3). Las heces fueron procesadas mediante la técnica de McMaster y los animales con \geq 750 huevos de NGI en heces fueron desparasitados. La granja tuvo una población de NGI multi-resistentes contra las tres

ABSTRACT

Recent studies showed that targeted selective treatment (TST) allows reducing the frequency of animals treated with anthelmintics (AH) in sheep flocks. It is currently unknown if the TST can be used with Dorper ewes, a breed that is known to be susceptible to gastrointestinal nematodes (GIN). This study evaluated a TST scheme in sheep farm in the central zone of Tamaulipas. The first thing was to determine which AH could be used for the TST. Thus, an AH resistance diagnosis was implemented for the three classes of broad-spectrum AH (levamisole, fenbendazole and ivermectin) and the combination of levamisole and fenbendazole using respective faecal egg-count reduction tests. Subsequently, a monthly TST scheme was established during 6 months, in a population of 74 to 98 adult ewes. Each ewe was checked every month for its FAMACHA[®] and body condition score (BCS) and a faecal sample was obtained from all animals with poor BCS ($<$ 2) or pale mucosae (FAMACHA[®] $>$ 3). Faecal samples were processed by means of the McMaster technique and those animals with GIN faecal egg counts \geq 750 eggs per gramme of faeces (EPG) were dewormed. The farm had a multi-re-

Autor para correspondencia: cezapata@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 1 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

clases de AH, pero la combinación levamisol-fenbendazol mostró 100% de eficacia, por lo que se usó en el estudio. El uso de la DSD redujo el uso de AH, pasando de 100% de las ovejas tratadas en el semestre, a solo entre 33.63% y 1.35% de los animales en cada mes. El uso del umbral ≥ 750 huevo por gramo de heces (HPG) permitió mantener casi 75% de los animales flacos o de mucosa pálida sin ser desparasitados. En conclusión, la DSD puede disminuir el uso de AH en un rebaño de ovejas Dorper de la zona centro de Tamaulipas, México.

Palabras claves: resistencia antihelmíntica, nemátodos, desparasitación selectiva dirigida.

sistant GIN population, with resistance to the three classes of AH, but the levamisole-fenbendazole combination showed to be 100% effective against GIN, thus the combination was used in the study. The implementation of the TST reduced the use of AH, going from 100% of ewes treated every six months, to only between 33.63% and 1.35% animals in each month. The use of ≥ 750 EPG as a threshold for AH treatment allowed to maintain almost 75% of thin or pale animals without an AH treatment. In conclusion, the TST scheme allowed to reduce the use of AH in a flock of Droper ewes under the conditions of Tamaulipas, México.

Keywords: anthelmintic resistance, nematode, targeted selective deworming.

INTRODUCCIÓN

La ovinocultura se lleva a cabo principalmente en sistemas de pastoreo, por lo general con altas cargas de animales, llegando en algunos casos al sobrepastoreo y la desnutrición (Torres-Acosta & Hoste, 2008; Torres-Acosta et al., 2012a). Este sobrepastoreo y el mal estado nutricional favorece los problemas parasitarios en los rebaños ovinos, haciéndolos más frecuentes y con mayor impacto económico para la producción ovina. Se estima que el impacto económico de la parasitosis por nemátodos gastrointestinales (NGI) en la producción bovina en México es de US\$ 445.10 millones de dólares anuales, considerando una pérdida anual por animal estimada de US\$ 43.57 (Rodríguez-Vivas et al., 2017). Las pérdidas económicas por NGI en caprinos en crecimiento en México se han estimado en US\$ 2.6 a 3.92 por animal (Gárate-Gallardo et al., 2015; Torres-Acosta et al., 2004). En ovinos en crecimiento las pérdidas se estiman en US\$ 6.79 por animal (Retama-Flores et al., 2012). En presencia de infecciones naturales de NGI la reducción en la ganancia de peso en pequeños rumiantes varían entre 10% y 60%. Así también, se ha observado que la aplicación de algún antihelmíntico (AH) en hembras en lactación aumentan su producción lactea entre un 4 y 40%, siempre y cuando el AH sea eficaz (Charlier et al., 2014).

Los principales parásitos de las ovejas adultas son los platelmintos (*Fasciola hepática*, *Moniezia expansa*) y los nematelmintos (nemátodos gastrointestinales, NGI). De estos últimos, se han encontrado con mayor presencia *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta*, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *T. vitrinus*, *T. axei*, *Nematodirus filicolis*, *N. spatiger*, *Strongyloides papillosus*, *Bunostomum trigonocephalum*, *Trichuris ovis*, *Oesophagostomum columbianum* y *O. globulosa* (Herrera et al., 2013; López et al., 2013). Las afecciones por NGI son consideradas como causa importante de pérdida en la productividad ovina, reducción de los niveles de producción y productividad, alteraciones reproductivas y altos costos de control, además de la mortalidad que pueden ocasionar (Charlier et al., 2014; Eisa et al., 2017; Grisi et al., 2014; Kenyon et al., 2017; Rodríguez-Vivas et al., 2017; Vercruyse et al., 2018).

Durante las últimas cuatro décadas, se desarrollaron antihelmínticos (AH) comerciales con ele-

vadas eficacias, amplio espectro y algunos con poder residual. Estos productos han permitido al productor de ovinos disponer de herramientas de control de NGI prácticas y a un costo aceptable (Molento et al., 2011). Sin embargo, el uso irracional de las drogas antihelmínticas ha provocado el desarrollo de cepas de NGI resistentes a los AH (FAO, 2003; Torres-Acosta et al., 2012a).

Para contrarrestar la problemática de la resistencia a los AH, se han desarrollado estrategias orientadas a la desparasitación selectiva dirigida (DSD). La DSD es una estrategia donde se selecciona a los animales que requieren ser desparasitados, dejando a una parte del rebaño sin desparasitar para reducir la presión de selección de NGI resistentes a los AH. Existen varias metodologías que se han propuesto para realizar la DSD, pero en años recientes se propuso el uso de la FAMACHA[®], la condición corporal (CC) y la cuenta de huevos de NGI en heces como una estrategia que permite reducir el número de animales desparasitados (Charlier et al., 2014; Rosalinski-Moraes et al., 2012; Torres-Acosta et al., 2009). Este método fue desarrollado primeramente en caprinos (Torres-Acosta et al., 2014) y posteriormente se ha validado en ovinos de pelo (Medina-Pérez et al., 2015).

La metodología de DSD utiliza la FAMACHA[®] como una estrategia para identificar animales con mucosa palpebral pálida, que pudieran sugerir anemia. Ante la escasa sensibilidad y especificidad del sistema FAMACHA[®], se propuso complementar ese sistema con la medición de la CC, pero este método también pudiera ser poco específico. Por lo anterior, se propuso usar los dos primeros criterios para obtener una muestra de heces de esos animales flacos o de mucosa pálida y contar los huevos de NGI en heces.

Los estudios realizados por Torres-Acosta et al. (2014) en rebaños caprinos y posteriormente por Medina-Pérez et al. (2015) en rebaños ovinos de zonas tropicales húmedas de Tabasco demostraron que es posible mantener un alto porcentaje de animales sin tratamiento contra NGI por varios meses o incluso años. Sin embargo, el estudio en ovinos fue realizado con granjas donde se producían animales Pelibuey, Katahdin, Panza negra o sus cruza. Hasta el momento, este sistema de DSD no ha sido probado en ovinos de la raza Dorper, que se reconoce como una raza ovina de pelo muy susceptible a las infecciones por NGI. Además, se desconoce si se pueden usar los criterios de DSD que se han aplicado con otra razas de ovinos y en otros estados de México. El objetivo del presente trabajo fue evaluar un sistema de desparasitación selectiva dirigida en una granja de ovinos Dorper en Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en Ciudad Victoria, Tamaulipas, en el rancho ovino Santa Cecilia (latitud 23°42'22.59" N y longitud 99°6'24.22" O), cuyo propietario dio consentimiento para llevar a cabo la investigación en sus instalaciones productivas.

El rancho Santa Cecilia se caracteriza por la producción de ovinos de raza Dorper, cuenta con una población de 300 hembras. Se encuentra localizado en la zona centro de Tamaulipas, cuya temperatura promedio es de 24.0 °C mínima y máxima es de 39.5 °C respectivamente, y una precipitación pluvial de 400 mm a 1100 mm. Presenta un clima semi-cálido y subhúmedo, llegando a ser semiseco o muy cálido y con humedad media (INEGI, 2017). El esquema de desparasitación del rancho consistía en desparasitación de todos los animales en pastoreo cada seis meses. La duración del trabajo de campo fue de 7 meses (octubre a abril). Durante el estudio, el rango de humedad fue

entre 68% y 76%, así como una temperatura de 10 °C como mínima (diciembre) y máxima en el mes de abril de 32 °C y precipitación pluvial en un rango de 18 mm a 26 mm (SMN, 2017).

Los animales fueron manejados de manera extensiva, por lo que permanecieron en pastoreo durante 12 h en potreros de pasto estrella (*Cinodon nlemfluensis*) sin suplementación y con agua ad libitum, mediante bebederos portátiles. Durante la noche, fueron resguardados en instalaciones construidas de madera, con techos de lámina galvanizada, con especificaciones de espacio vital para esta especie.

Fase I. Diagnóstico de resistencia antihelmíntica

Antes de implementar cualquier sistema de desparasitación, sea selectivo o no, se requiere identificar la droga que sea todavía eficaz para el control de NGI. Por lo tanto, el primer paso para establecer el programa de DSD fue realizar el diagnóstico de resistencia antihelmíntica (RA) de acuerdo a lo sugerido por Coles et al. (1992). Esto sirvió para determinar la presencia de cepas de NGI resistentes o susceptibles a los AH y de esta manera decidir que fármaco emplear en la DSD.

Selección de animales para la prueba de resistencia antihelmíntica

Diseño experimental para el diagnóstico de la RA

El diagnóstico de RA se realizó en el mes de octubre, antes de iniciar el esquema de DSD. El procedimiento usado para detectar NGI resistentes a los AH, fue la Prueba de Reducción en el Conteo de Huevos Fecales (FECRT, por sus siglas en inglés: Fecal Egg Count Reduction Test), recomendado por la World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) (Coles et al., 1992). Para el diagnóstico de la RA se incluyeron en el estudio a 60 animales (> 6 meses de edad), seleccionadas de la población de 300 hembras del rebaño de estudio, las cuales se encontraban identificadas mediante el arete del SINNIGA (Sistema Nacional de Identificación Individual del Ganado). Los criterios de inclusión para la prueba de resistencia fueron: (a) ovejas que se encontraban en pastoreo y (b) que no hayan recibido desparasitación 3 meses antes de la prueba (Coles et al., 1992). Cabe mencionar que para poder seleccionar a la granja Santa Cecilia se aseguró con el Ingeniero Agrónomo encargado y con el propietario que cumpliera estrictamente el segundo criterio de inclusión.

Previo al inicio del experimento se recolectaron muestras de heces directamente del recto (4 g) en bolsas de polietileno e identificados en forma individual. Se realizó un primer examen coproparasitológico mediante la prueba de McMaster, de acuerdo con la técnica mencionada por Rodríguez-Vivas et al. (2011). Este muestreo sirvió para determinar que los animales se encontraban parasitados y solo así, se incluirían en la prueba de RA a los animales que presentaran al menos 150 huevos por gramo (HPG) de heces (Coles et al., 1992). Los 60 animales analizados mediante coproparasitoscopia presentaron esta condición, por lo tanto, se procedió a formar 4 grupos de 15 animales cada uno con diferente tratamiento. El grupo 1 (levamisol), grupo 2 (fenbendazol), grupo 3 (ivermectina) y grupo 4 (testigo sin tratamiento). La asignación de animales a los diferentes grupos se realizó por conveniencia para que el promedio de HPG pre-tratamiento de los diferentes grupos fuera semejante.

El día cero se colectaron las heces de cada uno de los animales directamente del recto y las muestras fueron procesadas a través de la técnica de McMaster modificada (Rodríguez-Vivas et al., 2011), posteriormente, los animales de los grupos tratados se pesaron para determinar la dosis del producto y se les aplicó el tratamiento AH con levamisol a razón de 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea.

nea (SC) (Ripercol®), ivermectina a razón de 0.2 µg/kg de PV (SC) (Ivomec®), y fenbendazol 7 mg/kg de PV, vía oral (Panacur®). Los pesajes y tratamientos se realizaron por la mañana antes de consumir alimento y después de haber mantenido a los animales dietados por 8 h al menos. Pasados 14 d post-tratamiento se tomaron muestras de heces nuevamente a todos los animales, para determinar mediante McMaster la cuenta de HPG de NGI. Esto sirvió para determinar el porcentaje de reducción de huevos fecales ocurrido en cada grupo.

Debido a que las poblaciones de NGI del rancho de estudio tuvieron multiresistencia contra los tres antihelmínticos estudiados, se procedió a realizar una nueva Prueba de Reducción en el Conteo de Huevos Fecales, pero esta vez usando la combinación levamisol y fenbendazol (7.5 mg/kg vía SC y 5 mg/kg VO), como lo indican Leathwick y Besier (2014), ya que presentan espectro similar, pero mecanismo de actividad distinto. Para ello, se realizó una nueva selección de 30 animales asegurándose mediante su número de identificación que no hayan estado en la anterior prueba de RA, y que presentaran las mismas características del primer experimento de RA, las cuales son las que sugiere Coles et al. (1992). Se realizó nuevamente la metodología de diagnóstico de RA, descrita anteriormente. Se formaron dos grupos (grupo levamisol/fenbendazol y grupo control sin tratamiento) de 15 animales cada uno.

Fase II. Implementación del esquema de desparasitación selectiva dirigida

Durante los 30 días previos a iniciar la estrategia de DSD, la desparasitación del grupo de animales de estudio fue suspendida. La implementación del esquema DSD comenzó en el mes de noviembre. Se seleccionó una población entre 74 y 98 hembras de las 300 hembras del rebaño (> 1 año de edad, de distintas etapas fisiológicas (e.g. hembras lactantes, hembras gestantes, hembras vacías), asegurándose mediante su identificación que no hayan participado en las dos pruebas de RA. El número cambiante de animales fue debido a causas ajenas a los autores. En estas ovejas se comenzó a usar un esquema de DSD. Esta consistió en examinar una vez al mes a cada oveja por un periodo de 6 meses. La DSD, se realizó de acuerdo a los criterios descritos por Torres-Acosta et al. (2014), los cuales se encuentran resumidos en la Tabla 1 y se describen a continuación.

Palidez de mucosa determinado por FAMACHA©

Se determinó la coloración de la mucosa palpebral en ambos ojos de todas las ovejas utilizando la tarjeta FAMACHA©. A los animales se les asignó una calificación del 1 al 5, donde 1, 2 y 3 se consideraron como animales con color de mucosa normal, y las calificaciones 4 y 5 se consideraron como animal con mucosa pálida, consistente con algún grado de anemia (Torres-Acosta et al., 2014).

Condición corporal (CC)

Se determinó la CC de las ovejas mediante la palpación del área lumbar, asignando una calificación de 1 al 5 (Rusell, 1991). Los animales con CC 1 y 2 se consideraron como animales flacos, y los animales con CC > 2 fueron clasificados como animales normales.

Examen coproparasitológico

Se tomó una muestra de heces directamente del recto a todos los animales que tuvieron como resultado una FAMACHA© de 4-5 y una CC de 1-2 (Tabla 1). Las muestras de heces fueron conservadas en refrigeración hasta su procesamiento en el área de análisis clínicos del Laboratorio de Diagnóstico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cada muestra se mantuvo en bolsas plásticas debidamente rotuladas con el número de animal

y el nombre del rancho, para su procesamiento. Una vez en el laboratorio, se realizó el conteo de HPG mediante la técnica de McMaster (Rodríguez-Vivas et al., 2011). Los animales analizados que resultaron con un conteo ≥ 750 HPG de NGI del orden Strongylida fueron elegidos para ser desparasitados con una combinación de levamisol y fenbendazol (7.5 mg/kg vía SC y 5 mg/kg VO). Los animales con carga parasitaria < 750 HPG no se desparasitaron. Este umbral de desparasitación fue establecido de acuerdo a los resultados de estudio previos del sistema de DSD en ovinos de pelo en Tabasco (Medina-Pérez et al., 2015) y Yucatán (Soto-Barrientos et al., 2018). Los animales fueron marcados en el informe mensual del productor, para resaltar la necesidad de mejorar su manejo, y así evitar un mayor deterioro físico y los efectos negativos sobre la producción.

■ Tabla 1. Criterios utilizados en el esquema de desparasitación selectiva dirigida (DSD) utilizada en la granja de ovejas adultas Dorper en el estado de Tamaulipas, México.

FAMACHA©	Condición corporal	Copro	McMaster	Desparasitación
1 a 3	≥ 2	No		No
1 a 3	≤ 2	Si	Menor a 750 HPG	No
1 a 3	≤ 2	Si	Mayor a 750 HPG	Si
4 a 5	Cualquiera	Si	Menor a 750 HPG	No
4 a 5	Cualquiera	Si	Mayor a 750 HPG	Si

Fuente: Torres-Acosta et al. (2014)

Análisis de datos

Resistencia antihelmíntica (RA)

Se calculó la media aritmética de las cargas de HPG en los grupos tratados y control. Estas medias fueron usadas para calcular el porcentaje de reducción del conteo de los huevos fecales mediante la fórmula:

$$[1 - (\text{HPG}_t / \text{HPG}_c)] \times 100 \text{ sugerida por Coles et al. (1992).}$$

Donde: HPG_t: huevos por gramo de heces de animales tratados y HPG_c: huevos por gramo de heces de animales control.

Se calculó el intervalo de confianza al 95% de la reducción de HPG como sugieren Coles et al. (1992). Para esto, se utilizó el programa RESO.EXE.

La interpretación de la RA se obtuvo con base a las recomendaciones de la World Association for the Advancement of the Veterinary Parasitology (WAAVP) (Coles et al., 1992), según los siguientes criterios: (a) rebaño resistente si el porcentaje de reducción en el conteo de los huevos fecales es menor del 95% y si el límite inferior del 95% del intervalo de confianza es menor del 90%, (b) rebaño sospechoso si solamente se cumple con uno de los dos criterios anteriores, y (c) rebaño susceptible si no se cumple con ninguno de los dos criterios anteriores.

Evaluación del sistema de (DSD)

Cada animal examinado aportó un dato para cada uno de los meses del estudio. Se determinaron las variables de respuesta, mediante coproparasitoscopia y el total de HPG ≥ 750 y que necesitaron desparasitación durante los meses de muestreo.

Además, se utilizaron tablas de contingencia 2 x 2 para determinar la asociación entre la desparasitación y los valores de FAMACHA[©] pálida (4-5) y CC baja (1-2), mediante el programa epidemiológico Epidat 3.1 (OPS/OMS, 2006). Asimismo, se determinó la frecuencia de animales incluidos en la metodología DSD durante los 6 meses y que se mantuvieron sin ser desparasitados, los que recibieron un tratamiento, los que recibieron >2 tratamientos.

Finalmente, se utilizaron los datos de todos los animales analizados para determinar el valor mínimo y máximo de HPG durante el estudio, además de la mediana (50% de los eventos), el cuartil 3 (75% de los eventos) y la proporción de eventos con ≥ 750 HPG y con $\geq 1\ 000$ HPG. Estos valores sirvieron para determinar si el umbral de HPG utilizado para la desparasitación estaba permitiendo mantener una mayoría de los animales sin desparasitación.

RESULTADOS

Determinación de RA en la granja de estudio

El estudio de RA mostró que la granja de estudio presentaba cepas de NGI resistentes a las tres familias de AH con porcentajes de reducción de 58% para levamisol, 18% para fenbendazol y 24% para ivermectina (Tabla 2). Por lo anterior, se procedió a probar la eficacia de una combinación de levamisol y fenbendazol, donde se observó una reducción del 100% en la cuenta de HPG de NGI (Tabla 3). Por lo tanto, esta combinación fue sugerida para el tratamiento contra NGI en el esquema de DSD.

■ Tabla 2. Media de huevos por gramo de heces (HPG) pre y post tratamiento, porcentaje de reducción de HPG e intervalo de confianza 95% (IC 95%), después del tratamiento con levamisol, fenbendazol e ivermectina en el rancho Santa Cecilia en Tamaulipas, México.

Grupo	N	HPG Pre tratamiento	HPG Post tratamiento	% R HPG	95% IC	Resultado
Control	15	850	667			
Levamisol	15	813	283	58	0 a 84	Resistente
Fenbendazol	15	884	550	18	0 a 57	Resistente
Ivermectina	15	1436	510	24	0 a 55	Resistente

Número de animales muestreados (n); intervalo de confianza (95% IC).

Dosis de levamisol: 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea (SC) (Ripercol[®])

Dosis de fenbendazol: 7 mg/kg de PV, vía oral (Panacur[®])

Dosis de Ivermectina: 0.2 µg/kg de PV (SC) (Ivomec[®])

Desparasitación selectiva dirigida (DSD)

En el mes de noviembre se muestreó un total de 76 unidades experimentales (Tabla 4), de los cuales 24 fueron analizadas mediante coproparasitoscopia, debido a que 17 presentaron la condición de FAMACHA[©] 4 a 5 no importando la CC, y 7 presentaron FAMACHA[©] 1 a 3 y CC ≤ 2 , mientras que 52 no se les tomó muestras de heces por presentar FAMACHA[©] 1 a 3 y CC >2. Posteriormente, en diciembre aumentó la población a 98 animales, de los cuales, 45 ovinos presentaron FAMACHA[©] 4 a 5 con CC cualquiera, y 29 animales FAMACHA[©] 1 a 3 con CC ≤ 2 , por lo que fue un total de 74 animales a los que se les muestreó para determinar el número de HPG. El mes de diciembre fue el mes con el menor número de animales que registraron FAMACHA[©] 1 a 3 y CC > 2.

■ Tabla 3. Media de huevos por gramo de heces (HPG) pre y post tratamiento, porcentaje de reducción de HPG e intervalo de confianza 95% (IC95%), después del tratamiento con la combinación levamisol-fenbendazol en el rancho Santa Cecilia en Tamaulipas, México.

Grupo	N	HPG Pre tratamiento	HPG Post tratamiento	% Reducción HPG	95% IC	Resultado
Control	15	1150	2067			
Levamisol + fenbendazol	15	3863	2	100	100	Susceptible

Número de animales muestreados (n); intervalo de confianza (95% IC).

Dosis de levamisol: 7.5 mg/kg de PV, vía subcutánea (SC) (Ripercol ®)

Dosis de febendazol: 7.0 mg/kg de PV, vía oral (Panacur ®)

■ Tabla 4. Evaluación de las variables de respuesta mediante el uso de la técnica FAMACHA ©, coproparasitología y uso de antihelmínticos.

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total acumulado
Unidades experimentales examinadas	76	98	98	98	98	74	542
FAMACHA© 1 - 3 CC > 2	52	24	39	53	72	35	275
FAMACHA© 1 - 3 CC ≤ 2 < 750 HPG	1	20	48	19	14	7	109
FAMACHA© 1 - 3 CC ≤ 2 > 750 HPG	6	9	7	1	0	0	23
FAMACHA© 4 - 5 CC cualquiera < 750 HPG	1	21	4	23	11	31	91
FAMACHA© 4 - 5 CC cualquiera > 750 HPG	16	24	0	2	1	1	44
Coproparasitoscopia	24	74	59	45	26	39	267
Tratados con antihelmíntico	22	33	7	3	1	1	67
% de animales tratados	22.44	33.63	7.14	3.06	1.02	1.35	12.36

En el mes de enero se encontró el menor número de animales con FAMACHA© 4 a 5 (4) y con CC cualquiera, además, se observó a 55 animales con FAMACHA© 1 a 3 y con CC ≤ 2, por lo que se muestrearon 59 animales para determinar el número de HPG. Para el mes de abril se redujo la población a 74 animales, de los cuales se muestrearon 39 ovinos para detectar el número de HPG. En este mes, 35 ovinos presentaron FAMACHA© 1 a 3 y CC >2, por lo que no se necesitó muestrear heces. Sin embargo 32 animales presentaron FAMACHA© 4 a 5 con CC cualquiera y solo 7 animales registraron FAMACHA© 1 a 3 CC ≤ 2. En general, los meses de noviembre y marzo fueron los meses con menor muestreo coprológico. El mes de diciembre se muestreó al mayor número de animales (74) para HPG (Tabla 4).

Con respecto al porcentaje de ovinos que recibieron tratamiento antihelmíntico, el mes de noviembre presentó un valor de 22.44% de hembras, con respecto al total de eventos analizados para ese mes con la metodología de la DSD. Posteriormente, se aumentó a 33.63 % en el

mes de diciembre, hasta obtener un valor del 1.35% en el mes de abril (Tabla 4). Durante todo el periodo de estudio se registró un total de 542 eventos, de los cuales, 267 fueron analizados para determinar HPG, y de estos, solo 67 fueron los eventos tratados (12.36 % de animales).

La Tabla 5 muestra la asociación estadística significativa entre la variable FAMACHA© pálida (4 a 5) y la desparasitación (OR = 8.07, IC 95%: 4.64 a 14.04). Sin embargo, fue evidente que muchos animales expuestos, con FAMACHA© pálida tuvieron cuentas de HPG < 750 HPG y no fueron desparasitados (67.4%). Además, varios animales con FAMACHA© 1 a 3 si tuvieron cargas de \geq 750 HPG y fueron desparasitados (17%). Por otro lado, también se encontró una asociación significativa entre la CC baja (1 a 2) y la necesidad de desparasitación (OR = 1.7, IC 95%: 1.01 a 3.02). De todas los eventos analizados mediante coproparoscopia, ya sea por FAMACHA© 1-3 y CC \leq 2 y FAMACHA© 4-5 sin importar la CC (n = 267) (Tabla 4) se obtuvieron conteos de HPG y se ordenaron de menor a mayor, encontrándose que el valor más bajo fue de 0 HPG y el más alto fue de 6500 HPG. La mitad de los eventos analizados (mediana) tuvieron 200 HPG o menos. Además, el 75% de los eventos analizados (cuartil 3) tuvieron hasta 750 HPG. De hecho, de todos los eventos con muestra de heces solo el 23.97 % (n = 64) tuvieron \geq 750 HPG y el 17.9% (n = 48) tuvieron \geq 1000 HPG. De las 98 ovejas Dorper incluidas en el estudio, se mantuvieron sin ser desparasitadas un total de 32 ovejas (32.6%), y se desparasitaron 62 ovejas en una ocasión (63.2%), 2 ovejas en dos ocasiones (2.04%) y 2 ovejas en >2 ocasiones (2.04 %).

■ Tabla 5. Razón de probabilidades (OR) e intervalo de confianza 95% (IC95 %) para desparasitar ovejas Dorper, entre individuos con FAMACHA© 4-5 vs. FAMACHA© 1 a 3 y entre individuos con condición corporal 1 a 2 vs. condición coproral >2, en un sistema de desparasitación selectiva dirigida realizado por 6 meses.

Desparasitación		FAMACHA 4-5	FAMACHA 1-3	OR	IC 95%	Valor P
	Si	44	23	8.07	4.64 a 14.04	0.05
No	91	384				
	Condición corporal 1 a 2	Condición corporal >2	OR	IC (95 %)	Valor P	
	Si	23	44	1.75	1.01 a 3.04	0.05
No	109	366				

DISCUSIÓN

Resistencia antihelmíntica

En el presente estudio se demostró que la granja tenía poblaciones de NGI resistentes a las tres clases de AH de amplio espectro. Este problema de resistencia múltiple es un problema de carácter mundial. En España, Martínez-Valladares (2012) encontró NGI multiresistentes a tres fármacos pertenecientes a la familia de las lactonas macrocíclicas; así también en regiones tropicales como Brasil, Cezar et al. (2010) hallaron multiresistencia a nueve diferentes antihelmínticos en rebaños ovinos. En México, la frecuencia de rebaños con cepas multiresistentes a AH también ha sido reportada (Aguilar-Caballero et al., 2009; Torres-Acosta et al., 2012a), en rebaños ovinos de Chiapas (Ruiz-Zárate et al., 2013) y Tabasco (Herrera-Manzanilla et al., 2017; Medina-Pérez et al., 2015), y de caprinos en Yucatán (Torres-Acosta et al., 2012a). Es común encontrar granjas donde existen parásitos multiresistentes en zonas cálidas húmedas como Tabasco (Herrera-Manzanilla et al., 2017;

Medina-Pérez et al., 2015; Torres-Acosta et al., 2012b). Este es el primer reporte de poblaciones de NGI multiresistentes en Tamaulipas. La elevada frecuencia de NGI multiresistentes a AH pudo deberse a un inadecuado manejo de los desparasitantes y a que los productores no acostumbran evaluar la eficacia de las drogas utilizadas en el hato (Toro et al., 2014). Así también, cuando los productores sospechan de la falla de la eficacia del fármaco tienden a aumentar la frecuencia de los tratamientos (Jabbar et al., 2006). Esta práctica aumenta la presión de selección de cepas resistentes y puede dar lugar a la resistencia a múltiples fármacos (Cezar et al., 2010; Papadopoulos et al., 2012).

Una de las estrategias que se utiliza en ranchos con cepas multi-resistentes a los AH es la combinación de medicamentos AH. Este uso combinado se ha utilizado para mejorar la eficacia de los tratamientos antihelmínticos en presencia de resistencia múltiple en un rebaño (Cezar et al., 2010). Aunque en el presente estudio funcionó bien la combinación de levamisol con fenbendazol, como ha ocurrido en trabajos anteriores en México (Medina-Pérez et al., 2015), esta estrategia no debe ser sobre-utilizada, ya que se puede llegar también a resistencia de las combinaciones.

Desparasitación selectiva dirigida (DSD)

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que es posible disminuir la cantidad de ovinos a tratar con AH en la zona centro del estado de Tamaulipas. En lugar de desparasitar a todos los animales en el periodo de estudio, en el primer mes solo se desparasitó al 22.44% y se redujo al 1.35% para el último mes de muestreo, por lo que, en general solo se desparasitó al 12.36%.

Esto pudiera ayudar a mantener una proporción de parásitos del rebaño en refugio, es decir, sin exponerlos a los desparasitantes (Kenyon et al., 2009). Sin embargo, la reducción en el número de desparasitaciones disminuye la probabilidad de desarrollar cepas resistentes a los AH, permitiendo mantener baja la presión de selección de resistencia en los NGI (Gaba et al., 2010).

De esta forma, se podría usar el mismo AH por varios años, reduciendo la frecuencia de NGI con alelos resistentes contra dicha droga. Aquellos animales que no recibieron tratamiento y permanecen parasitados constituyen un refugio para los NGI contra los AH, y van a depositar en los pastos huevos de NGI, cuyas larvas infectantes provienen de parásitos no expuestos a los AH.

Esto significa que estas larvas ayudan a diluir los genotipos de NGI resistentes a los AH. Esta dilución ocurriría por el consumo constante de NGI no expuestos a los AH (NGI sensibles) que se pudieran aparear con los NGI resistentes (Chan-Pérez et al., 2015; Kaplan, 2004; Van-Wyk et al., 2006; Kenyon et al., 2009).

En este estudio, no solo se utilizó al método FAMACHA© como criterio de desparasitación, sino que también se recurrió a evaluar la CC y la eliminación de HPG en heces. Con esto se evita el uso frecuente de desparasitaciones en animales con calificaciones de FAMACHA© 4-5, que tal vez no tengan infecciones con NGI, sino problemas de desnutrición u otros padecimientos relacionados con anemia (Torres-Acosta et al., 2014).

Así también, el solo uso de la CC como indicador para realizar la desparasitación trae como consecuencia, desparasitar a animales sin tener elevadas cargas de huevos de NGI, ya que la CC se encuentra influenciada por muchos otros aspectos, tales como deficiencia en la nutrición o problemas de manejo (Leask et al., 2013; Stafford et al., 2009).

El implementar los dos métodos anteriores, junto con la cuenta de huevos (HPG), mejora la selección de animales a tratar, ya que el conteo de huevos es un indicador de la cantidad de NGI presentes en el animal. Con el sistema que se implementó, el conteo de HPG se limita a los animales que se encuentran con FAMACHA© pálida o con baja CC, reduciendo la cantidad de animales a los que se les necesita tomar una muestra y determinar su carga de HPG. Al momento de realizar el McMaster, si se tiene presente un nivel de HPG como umbral, (≥ 750 HPG), se puede dejar de contar los huevos en el momento de alcanzar este umbral haciendo más eficaz el proceso (Torres-Acosta et al., 2009).

Uno de los aspectos importantes del presente estudio fue demostrar que el uso de la FAMACHA pálida (4 a 5) y la CC baja (1 a 2) permiten encontrar a los animales con cargas de huevos en heces de ≥ 750 . Sin embargo, fue evidente que más de la mitad de las ovejas con FAMACHA© (4 a 5) no tuvieron cargas de ≥ 750 HPG y algo semejante pasa con los animales de baja CC (1 a 2). Estos resultados son similares a lo reportado por Torres-Acosta et al. (2014), quienes enfatizan la importancia de tomar la muestra de heces y determinar la cantidad de HPG antes de decidir desparasitar a las ovejas Dorper.

En el presente estudio se observó, que solo el 23.97% de las ovejas excretaron cargas de ≥ 750 HPG. Esto claramente demuestra que la población de NGI en los 267 eventos de ovejas Dorper con conteo de huevos de NGI mostraba sobredispersión, con un mínimo de 0 HPG, una mediana de 200 HPG (50% de los datos debajo de 250 HPG) y un máximo de 6500 HPG. Este tipo de distribución es común para las poblaciones de pequeños rumiantes. Por ejemplo, el trabajo de Herrera-Manzanilla et al., (2013), reportó que el 72.7% de las ovejas que fueron positivas a NGI, solamente el 15.7% excretaron por arriba de los 700 HPG; Así también, Medina-Pérez et al., (2015), hallaron que del 53.1% de la población de ovejas positivas a NGI, solamente el 15% tuvo cargas parasitarias por encima de los 750 HPG; resultados semejantes encontró Torres-Acosta et al., (2014), en Yucatán.

Esta sobredispersión puede deberse a características genéticas del animal para la resistencia a infecciones por nemátodos (Hoste et al., 2001). En general, es necesario subrayar que la DSD basado en un umbral de desparasitación de ≥ 750 HPG es factible, ya que no favoreció la presencia de animales afectados en su salud.

Por último, las ventajas de la DSD no solo consiste en aumentar la cantidad de parásitos con genes susceptibles a los desparasitantes, sino también permite ahorros en la cantidad de desparasitante utilizado y mano de obra para desparasitar y más aún su uso en ranchos con presencia de cepas multiresistentes (Charlier et al., 2014; Lamberti et al., 2014; Leask et al., 2013).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este estudio se muestra la presencia de cepas multiresistentes de NGI en rebaños de ovinos en la zona centro de Tamaulipas. El esquema de DSD redujo el uso de AH, pasando de 100% de las ovejas tratadas en el semestre, a solo entre 33.63% y 1.35% de los animales en cada mes. De los 98 animales incluidos en el estudio, el 32.6% se mantuvo sin tratamiento los 6 meses del trabajo, 63.2% fueron tratados una vez y 4.04% fueron tratados > 2 veces. El uso del umbral ≥ 750 HPG como punto de corte para desparasitar permitió mantener casi 75% de los animales flacos o de mucosa pálida sin ser desparasitados. Por lo tanto, la DSD puede disminuir el uso de AH en un rebaño de ovejas Dorper en condiciones de Tamaulipas, México.

REFERENCIAS

- Aguilar-Caballero, A. J., Torres-Acosta, J. F. J., & Cámara-Sarmiento, R. (2009). Importancia de parasitismo gastrointestinal en ovinos y situación actual de la resistencia antihelmíntica en México. En R., Gonzalez-Garduño y A. C., Berumen-Alaforte, Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico. México, Universidad Autónoma de Chapingo, (pp. 1-11).
- Cezar, A. S., Toscan, G., Camillo, G., Sangioni, L. A., Ribas, H. O., & Vogel, F. S. F. (2010). Multiple resistance of gastrointestinal nematodes to nine different drugs in a sheep flock in southern Brazil. *Veterinary Parasitology*, 173(1-2), 157-160. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.06.013>
- Chan-Pérez, J. I., Torres-Acosta, J. F. J., Rodríguez-Vivas, R. I., & Villegas-Pérez, S. L. (2015). Reduction of benzimidazole resistance in established *Haemonchus contortus* populations in goats using a single infection with a benzimidazole-susceptible isolate. *Journal of Helminthology*, 89(5), 641-645. <https://doi.org/10.1017/S0022149X14000674>
- Charlier, J., Morgan, E. R., Rinaldi, L., Van-Dijk, J., Demeler, J., Höglund, J., Hertzberg, H., Van Ranst, B., Hendricx, G., Vercruyse, J., & Kenyon, F. (2014). Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. *Veterinary Record*, 175(10), 250-255. <https://doi.org/10.1136/vr.102512>
- Coles, G. C., Bouer, C., Borgsteede, F. H. M., Geerts, S., Klei, T. R., Taylor, M. A., & Waller, P. J. (1992). World Association for Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 44(1-2), 35-44. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(92\)90141-U](https://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90141-U)
- Eisa, N. Z., Babiker, S. A., & Abdalla, H. S. (2017). Impact of Natural Gastrointestinal Parasitic Infection on Growth Performance and Economics of Production of the Sudan Desert Sheep. *Journal Veterinary Science Medical Diagnostic*, 6, 1. URL: <https://www.scitechnol.com/veterinary-science-medical-diagnosis.php>
- EPIDAT: Programa para el análisis epidemiológico de datos. Versión 3.1 (2006). Consejería de Sanidad de Galicia. Organización Panamericana de la Salud (PS/OMS). Universidad CES. Colombia.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2003). Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Dirección de Producción y Salud Animal. Viale de Ile Terme di Caracalla. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4813S/Y4813S00.HTM>. Fecha de consulta: 9 de noviembre de 2017.
- Gaba, S., Cabaret, J., Sauvé, C., Cortet, J., & Silvestre, A. (2010). Experimental and modeling approaches to evaluate different aspects of the efficacy of target selective treatment of antihelmintics against sheep parasite nematodes. *Veterinary Parasitology*, 171(3-4), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.040>
- Gárate-Gallardo, L., Torres-Acosta, J. F. J., Aguilar-Caballero, A. J., Sandoval-Castro, C. A., Cámara-Sarmiento, R., & Canul-Ku, H. L. (2015). Comparing different maize supplementation strategies to improve resilience and resistance against gastrointestinal nematode infections in browsing goats. *Parasite*, 22, 19. <https://doi.org/10.1051/parasite/2015019>
- Grisi, L., Cerqueira-Leite, R., de-Souza Martins, J. R., Medeiros-de-Barros, A. T., Andreotti, R., & Duarte-Cançado, P. H. (2014). Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Brazil Journal Veterinary Parasitology*, 23(2), 150-156. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014042>

- 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. *Veterinary Parasitology, (Amst)*, 9, 29-33. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2017.04.007>
- Herrera, L. O., Rios, L. O., & Zapata, R. S. (2013). Frecuencia de la infección por nemátodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de 5 municipios de Antioquia. *Revista MVZ Cordova*, 18(3), 385-386. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69329149015>
- Hoste, H., Frileux, Y. L. E., & Pomaret, A. (2001). Distribution and repeatability of faecal egg counts and blood parameters in dairy goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Research in Veterinary Science*, 70, 57-60. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2000.0442>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. P 521. [En línea]. Disponible en: http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAMS_ANUARIO_PDF.pdf. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Jabbar, A., Iqbal, Z., Kerboeuf, D., Muhammad, G., Khan, M. N., & Afaq, M. (2006). Anthelmintic resistance: the state of play revisited. *Life Science*, 79(26), 2413-2431. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2006.08.010>
- Kaplan, R. M. (2004). Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology*, 20(10), 477-481. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.001>
- Kenyon, F., Greer, A. W., Coles, G. C., Cringoli, G., Papadopolus, E., Cabaret, J., Berrag, B., Varady, M., Van Wyk, J. A., Thomas, E., & Vercruyse, J. (2009). The role of target selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 164(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.015>
- Kenyon, F., Hutchings, F., Morgan-Davies, C., Dijk, J. V., & Bartley, D. J. (2017). Worm Control in Livestock: Bringing Science to the Field. *Trends in Parasitology*, 33(9), 669-677. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.05.008>
- Lamberti, P. F., Amadori, M., Anezi-Junior, P. A., Weber, A., Skrebsky, A., Sangioni, L. A., & Flores, V. F. A. (2014). Improving liveweight gain of lambs infected by multidrug-resistant nematodes using a FECRT-based schedule of treatments. *Parasitology Research*, 113(6), 2303-2310. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3885-x>
- Leask, R., Van-Wyk, J. A., Thompson, P. N., & Bath, G. F. (2013). The effect of application of FAMACHA© system on selected production parameters in sheep. *Small Ruminant Research*, 110(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.07.026>
- Leatwick, D.M., Besier, R.B. 2014. The management of anthelmintic resistance in grazing ruminants in Australasia-Strategies and experiences. *Veterinary Parasitology*, 204, 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.12.022>
- López, R. O. A., González, G. R., Osorio, A. M. M., Aranda, I.E., & Díaz, R. P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nemátodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 4(2), 223-234. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242013000200008&script=sci_arttext&tlng=en
- Martínez-Valladares, M., Famularo, M., Fernández-Pato, N., Cordero-Pérez, C., Castañón-Ordóñez, L., & Rojo-Vázquez, F. (2012). Characterization of a multidrug resistant *Teladorsagia circumcincta* isolate from Spain. *Parasitology Research*, 110(5), 2083-2087. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2753-1>
- Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N. F., Reyes-García, M. E., Cámara-Sarmiento, R., & Torres-Acosta, J. F. J. (2015). Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control

- gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 127, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.02.021>
- Molento, B. M., Fortes, F. S., Pondelek, D. A. S., Borges, F. A., Chagas, A. C. S., & Torres-Acosta, J. F. J. (2011). Challenges of nematode control in ruminants: Focus on Latin America. *Veterinary Parasitology*, 180(1-2), 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.033>
- Papadopoulos, E., Gallidis, E., & Ptochos, S. (2012). *Anthelmintic resistance in sheep in Europe: A selected review*. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.036>
- Retama-Flores, C. Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C.A., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R., & Canul-Ku, H. L. (2012). *Maize supplementation of Pelibuye sheep in a silvopastoral system: fodder selection, nutrient intake and resilience against gastrointestinal nematodes*. *Animal*, 6, 1, 145-153. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001339>.
- Rodríguez-Vivas, R. I., Domínguez-Alpizar, J. L. & Cob-Galera, L. A. (2011). Técnicas diagnósticas de parasitología veterinaria. Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida. 48 Pp.
- Rodríguez-Vivas, R. I., Grisi, L., Pérez-de-León, A. A., Silva-Villela, H., Torres-Acosta, J. F. J., Frago-Sánchez, H., Romero-Salas, D., Rosario-Cruz, R., Saldiema, F., & García-Carrasco, D. (2017). Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8, 61-74. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265649561007.pdf>
- Rosalinski-Moraes, F., Griebeler-Fernandes, F., Munaretto, F., Solange O., Wilmsen, M. O., Welzel, P. M., & Ferreira, M. A. (2012). Método FAMACHA©, escore corporal e de diarreia como indicadores de tratamento anti-helmíntico seletivo de ovelhas em reprodução. *Bioscience Journal*, 28, 1015-1023. URL: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17290>
- Ruiz-Zárate, F., Cruz-Velázquez, F., Aguilar-Caballero, A. J., Olivas-Salazar, R., López-Trujillo, R., Torres-Hernández, G., & Cuéllar-Ordaz, A. (2013). *Resistencia helmíntica de ovinos Katahdin y Pelibuey en Villacorzo, Chiapas, México*. *Agraria*, 10, 109-114. URL: <http://redi.uady.mx/handle/123456789/1051>
- Rusell, A. (1991). Body condition scoring of sheep. In *Sheep and goat practice*. Bailliere, Tindall, London: Boden, E. 3-10 pp.
- SMN, Sistema Meteorológico Nacional (2017). Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia. [En línea]. Disponible en: <http://www.smn.go.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperatura-y-lluvias>. Fecha de consulta: 15 de febrero de 2018.
- Soto-Barrientos, N., Torres-Acosta, J. F. J., Chan-Pérez, J. I., España-España, E., Novelo-Chi, L., Palma-Ávila, I., Ceballos-Mendoza, A. C., Sarabia-Hernández, J. A., Santos-Ricalde R. H., & Cámara-Sarmiento, R. (2018). Body condition score is the best criterion to find ewes with high faecal worm egg counts in hair-sheep sheep farms using a targeted selective treatment under hot tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 167, 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.011>
- Stafford, K. A., Morgan, E. R., & Coles, G. C. (2009). Weight-based target selective treatment of gastrointestinal nematodes in a commercial sheep flock. *Veterinary Parasitology*, 164(1), 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.009>
- Toro, A., Rubilar, L., Palma, C., & Pérez, R. (2014). Resistencia antihelmíntica en nemátodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y fenbendazol. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(2), 247-252. URL: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2014000200010&script=sci_arttext

- Torres-Acosta, J. F. J., Jacobs D. E., Aguilar-Caballero A., Sandoval-Castro, C., May-Martinez, M., & Cob-Galera, L. A., (2004). The effect of supplementary feeding on the resilience and resistance of browsing Criollo kids against natural gastrointestinal nematode infections during the rainy season in tropical Mexico. *Veterinary Parasitology*, 124, 217-238. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.009>
- Torres-Acosta, J. F. J., & Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77(2), 159-173. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.009>
- Torres-Acosta, J. F. J., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., Canul-Ku, H. L., & Pérez-Cruz, M. (2009). Estrategias de desparasitación selectiva dirigida. En Gonzalez-Garduno, R., Berumen-Alaforte, A.C. (Ed.), *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinales de ovinos en el trópico* (pp. 1-14). Tabasco, México: Universidad Autónoma de Chapingo, C.R.U.S.E.
- Torres-Acosta, J. F. J., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Caballero, A. J., & Cuéllar-Ordaz, J. A. (2012a). *Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American*. *Veterinary Parasitology*, 189(1), 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.037>
- Torres-Acosta, J. F. J., Soto-Barrientos, N., González-Hernández, J., Pérez-Cruz, M., Chan-Pérez, I., Rodríguez-Vivas, R. I., & Aguilar-Caballero, A. J. (2012b). Desparasitación selectiva dirigida: una nueva manera de desparasitar ovinos y caprinos. Mérida, Yucatán, México: XXXVI Congreso Nacional de Buiatría. 112 pp.
- Torres-Acosta, J. F. J., Pérez-Cruz, M., Canul-Ku, H. L., Soto-Barrientos, N., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., & Hoste, H. (2014). Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Ruminant Research*, 121(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.01.009>
- Van-Wyk, J. A., Hoste, H., Kaplan, R. M., & Besier, R. B. (2006). Target selective treatment for worm management-how do we sell rational programs to farmers. *Veterinary Parasitology*, 139(4), 336-346. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.023>
- Vercruyse, J., Charlier J., Van-Dijk, J., Morgan, E. R., Geary, T., von-Samson-Himmelstjerna, G., & Claerebout, E. (2018). Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology*, 145, 1655-1664. <https://doi.org/10.1017/S003118201700227X>



Efecto del consumo de leguminosas arbustivas (*Acacia rigidula* y *Havardia pallens*) sobre la morfología espermática de machos caprinos en crecimiento

Effect of consumption of shrub legumes (*Acacia rigidula* and *Havardia pallens*) on sperm morphology of growing male goats

Nidia Garza-Martínez¹, Cecilia Carmela Zapata-Campos^{1*}, Luz Yosahandy Peña Avelino¹,
Fernando Sánchez Dávila²

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del consumo de dietas formuladas con *Acacia rigidula* (Benth) Seigler & Ebinger y *Havardia pallens* (Benth) Britton & Rose, en la capacidad reproductiva de machos caprinos criollos en crecimiento en condiciones de estabulado en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Se utilizaron 15 machos caprinos jóvenes (3-4 meses de edad aproximadamente) los cuales fueron asignados al azar a las dietas con las plantas nativas o dieta control, conteniendo el 35% de inclusión. Los aspectos evaluados fueron: circunferencia escrotal (Ces), Motilidad masal (MM) y Morfología espermática que se determinaron dos veces al mes, a partir de agosto hasta diciembre. Con la finalidad de evaluar diferencias en la motilidad y la morfología espermática entre los grupos (*Acacia rigidula* AR, *Havardia pallens* HP y *Medicago sativa* CON) se obtuvieron frecuencias y porcentajes que se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Además, se realizó un análisis de varianza entre los tres grupos para establecer diferencias de las características bromatológicas, metabolitos secundarios y la circunferencia escrotal. Los resultados obtenidos muestran diferencias en el contenido de proteína cruda y de pa-

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate the effect of the consumption of diets formulated with *Acacia rigidula* (Benth) Seigler & Ebinger and *Havardia pallens* (Benth) Britton & Rose, on the reproductive capacity of Creole male goats reared under stable conditions in Ciudad Victoria, Tamaulipas. Fifteen young male goats (approximately 3-4 months old) were randomly assigned to native plant diets or a control diet, with 35% inclusion. The aspects evaluated were scrotal circumference (Ces), mass motility (MM), and sperm morphology, which were determined twice a month, from August to December. In order to observe whether there were differences in sperm motility and morphology between the groups (*Acacia rigidula* AR, *Havardia pallens* HP and *Medicago sativa* CON), frequencies and percentages were obtained using the Kruskal-Wallis test. In addition, a variance analysis was performed between the three groups to establish differences in bromatological characteristics, secondary compounds, and scrotal circumference. The results obtained show differences in crude protein and cell wall content ($p < 0.05$). The concentration of secondary compounds was different between the groups ($p < 0.05$) as well as the mass motility (five-point scale, $p < 0.05$).

Autor para correspondencia: cezapata@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 21 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Cañada, Ciudad General Escobedo, Nuevo León, México.

red celular ($p < 0.05$). La concentración de compuestos secundarios fue distinta entre los grupos ($p < 0.05$) así como también la motilidad masal (escala de cinco puntos, $p < 0.05$). Por lo tanto, se concluye que el uso de las arbustivas como HP y AR se puede ofrecer en un porcentaje del 35% sin afectar la morfología espermática en machos caprinos. Futuras investigaciones pueden probar niveles superiores al 35% y en animales adultos pues no existen trabajos hasta el momento que evalúen el efecto de dicha inclusión.

Palabras clave: arbustivas forrajeras, machos caprinos, morfología espermática

Therefore, we can conclude that the use of shrubs such as HP and AR can be offered at a percentage of 35% without affecting sperm morphology in male goats. Future investigations may also try to prove higher levels than 35% of inclusion in adult animals to determine its effect on goats older than those used in the present study.

Keywords: forage shrubs, male goats, sperm morphology

INTRODUCCIÓN

La morfología espermática ha demostrado ser el predictor más adecuado del potencial de fertilización más que otros parámetros seminales, como la motilidad y la concentración. Varios estudios han demostrado que una inadecuada calidad espermática con respecto a la morfología, está relacionada con una alta incidencia de embriones aneuploides (Delgado Mendive, 2015).

Por otra parte, en la evaluación de la morfología espermática ya no es suficiente solo determinar la proporción de “normales” sino que también es fundamental la evaluación más específica en cuanto a la cabeza, cuello y cola del espermatozoide, así como también existen residuos citoplasmáticos anormales (Gatimel et al., 2017).

La calidad espermática, incluida la morfología, es determinada por varios factores y uno de ellos es el consumo de nutrientes que determina procesos como el tiempo de crecimiento y desarrollo del embrión.

El contenido de nutrientes o químicos en el tipo de alimento afecta ampliamente la fertilidad. Las plantas leguminosas se caracterizan por presentar altos niveles de proteína cruda (PC), minerales, energía metabólica y adecuados niveles de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida (FDN y FDA) por lo que se consideran alimentos funcionales, además contienen compuestos secundarios como fenoles, terpenos, alcaloides, saponinas, entre otros metabolitos, que según el nivel de estos pueden otorgarle el potencial de ser alimentos nutracéuticos (Cámpora, 2016).

Ejemplo de estas plantas son la *Havardia pallens* (tenaza) y la *Acacia rigidula* (gavia) que se ha documentado ser plantas con niveles adecuados de contenido nutricional; sin embargo, poco se sabe de su contenido de metabolitos secundarios, además son plantas que se encuentran ampliamente distribuidas en el agostadero pastoreado por las cabras y son fuentes alternativas de nutrición.

Por lo tanto es importante estudiar el efecto que pudiesen tener en aspectos reproductivos, como la morfología espermática, factor importante para que se realice adecuadamente la singamia y el desarrollo embrionario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y desarrollo del experimento

Se emplearon 15 machos caprinos criollos (encaste cárnico y lechero), con un peso promedio de 15 kg y una edad de 3 meses. Los animales fueron vacunados contra pasteurelisis neumónica y clostridiasis (Bobact 8® MSD Salud Animal, 2.5 mL peso vivo), además se desparasitaron con levamisol 12 mg/kg peso vivo (Vermizol L® Aranda).

Los caprinos tuvieron un periodo de adaptación de 15 días y la dieta que se les proporcionó fue de 13.9% PC, 10.5 MJ/kg energía metabolizable para realizar la transición paulatina hasta obtener el consumo de la dieta definitiva con leguminosas arbustivas. Los machos eran prepúberes con frénulo peneano positivo. En los animales que resultaron ser negativos al frénulo peneano, pero que presentaron ausencia de producción de semen, se sometieron cada 15 días a un entrenamiento con vagina artificial, hasta la obtención de una muestra espermática. Para el estímulo de la monta se expuso al macho durante un tiempo máximo de 20 min a una hembra caprina adulta, previamente estrogenizada con 2 mg intramuscular de cipionato de estradiol (Zoetis©) cuya aplicación se realizó a un intervalo de 3 días (días -5 y -2) y dos días posteriores a la segunda inyección (día 0). Se consideró al animal como púber cuando el eyaculado obtenido presentó al menos un 30% de células espermáticas viables.

La fase experimental tuvo una duración de 4 meses. Los 15 animales fueron asignados a las dietas con las plantas nativas y de control, conteniendo el 35% de inclusión. El grupo control (T1, n = 5) recibió heno de alfalfa (*Medicago sativa*; PC 20%) y a los otros grupos se les ofreció *A. rigidula* (T2, n = 5; PC 18%) y *H. pallens* (T3, n = 5; PC 16%). El forraje en las dietas consistió en hojas y tallos de las especies estudiadas y estas fueron cortadas una vez por semana y almacenadas para ser otorgadas a los animales durante toda la semana, durante las 12 semanas de estudio.

La evaluación del semen se realizó cada 15 días, por la tarde, dos horas después de suministrarse la comida. La vagina artificial (VA) fue precalentada a 30 °C, añadiendo agua caliente en su cámara interior, hasta alcanzar una temperatura de 41 °C, manteniéndola así hasta su uso mediante un capuchón de felpa y cuero. El orificio de penetración de la VA fue lubricado con un gel no-espermicida y el cono de colecta fue provisto de un tubo colector graduado. Para coleccionar el semen, se realizó la misma metodología que se efectuó durante el entrenamiento. La colecta se determinó como exitosa cuando se logró la introducción del pene en la vagina artificial y el macho caprino realizó el “golpe de riñón”. Una vez logrado esto, se verificó que el tubo colector contenía la muestra de semen.

Análisis morfológico del semen

Se evaluó la morfología espermática mediante un frotis con la tinción de eosina-nigrosina (2 µL). Para la evaluación, se analizaron 200 células espermáticas al microscopio (40x), identificando anomalías en la estructura de acuerdo con las siguientes características: anomalías de la cabeza (cabezas microcefálicas, cabezas redondas y sin acrosoma, doble cabeza, cabeza delgada o elongada, cabeza vacuolada, cabeza macrocefalia, espermatozoides decapitados, cabeza sin acrosoma) anomalías de la cola (ausencia de cola, cola corta, cola angular o irregular, cola gruesa, cola doblada, cola doble, cola enrollada) defectos de la pieza intermedia (cuello doblado, inserción asimétrica, cuello doblado, pieza intermedia gruesa, pieza intermedia delgada) material citoplasmático residual en exceso, o combinación de defectos (espermatozoide bicéfalo con cola enrollada, espermatozoide bicéfalo con cola enrollada en la pieza intermedia, espermatozoide inmaduro con

gota citoplasmática y cola enrollada a nivel del anillo de Jensen, espermatozoide macrocefálico con cola engrosada, espermatozoide microcefálico con cola corta delgada) (Gatimel et al., 2017). Así también espermatozoides inmaduros con gotas citoplasmáticas. El resultado de la evaluación de las 200 células se interpretó como un porcentaje (%).

Análisis bromatológico y determinación de compuestos secundarios

A cada muestra se le determinó por duplicado el contenido de MS, cenizas y PC, mediante el procedimiento de macro-Kjeldahl (Andrews, 1996). Para determinar la fracción fibrosa, se realizó un análisis de FDA, FDN, mediante el procedimiento descrito por Van Soest (1994). Para la cuantificación de flavonoides totales se utilizó la técnica descrita por Chang et al. (2002). Los resultados fueron expresados en g equivalentes de quercetina por kg de materia seca (g/kg MS). Para la cuantificación de taninos hidrolizables se realizó la técnica de Folin Ciocalteu, descrito por Taga et al. (1984). Los resultados fueron expresados como g de equivalente de ácido gálico (GAE) por kg de MS del extracto de la planta (g/kg MS).

Análisis de datos

Se usó el PROC GLM del programa SAS para realizar un análisis de varianza para evaluar los tres grupos y establecer diferencias de las características bromatológicas y metabolitos secundarios. La circunferencia escrotal se analizó mediante ANOVA factorial. Para establecer diferencias entre los grupos (AR, HP y CON) se aplicó una prueba *post hoc* mediante el método de Tukey. Las diferencias en la motilidad y la morfología espermática entre los grupos (*Acacia rigidula* AR, *Havardia pallens* HP y *Medicago sativa* CON) se evaluaron obteniendo frecuencias y porcentajes que se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas estadísticas realizadas se utilizó un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS

Análisis bromatológico de las dietas a base de leguminosas AR, HP y CON

Las características bromatológicas se pueden apreciar en la Tabla 1, donde el porcentaje de materia seca es mayor en la arbustiva AR, seguido por HP, mostrando diferencias estadísticas entre las tres plantas ($p = 0.0004$). En cuanto al porcentaje de PC, la dieta a base de ME está por arriba en dos puntos porcentuales de HP y en tres puntos porcentuales de AR ($p = 0.0011$). Con respecto a las paredes celulares, la FDN fue significativamente mayor en AR ($p = 0.0110$), mientras que en ME y HP, fueron semejantes. Este mismo comportamiento se observó en el indicador de FDA ($p = 0.0011$).

■ Tabla 1. Valor nutritivo de las dietas a base de las leguminosas (*Acacia rigidula* y *Havardia pallens*) con respecto al grupo control (*Medicago sativa*).

Componente	ME	AR	HP	EEM	Valor <i>p</i>
MS, %	94.07 ^c	95.97 ^a	95.25 ^b	0.006	0.0004
PC, %	16.70 ^a	13.40 ^b	14.25 ^b	0.041	0.0011
FDN, %	31.38 ^b	37.48 ^a	31.54 ^b	0.083	0.0110
FDA, %	15.82 ^b	21.18 ^a	14.86 ^b	0.165	0.0011
CEN, %	11.87 ^a	10.15 ^c	11.34 ^b	0.007	0.0006

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; CEN: Cenizas; ME: *Medicago sativa*; AR: *Acacia rigidula*; HP: *Havardia pallens*; EEM: Error estándar de la media. Literales iguales comparten medias sin diferencias significativas

Determinación de compuestos secundarios

En la Tabla 2 se observan las concentraciones totales de compuestos secundarios de las tres diferentes plantas obtenido en gramos por kilogramo. Se puede observar que en la dieta formulada con AR es la que tiene mayor concentración de fenoles totales por kilogramo ofrecido (g/kg GAE), sin embargo, no fue distinta estadísticamente con respecto a la dieta a base de HP, mientras que la dieta con ME fue la de menor concentración ($p = 0.0073$). Mientras tanto, en la concentración de flavonoides totales ME y HP son iguales estadísticamente, sin embargo, AR es la que tiene mayor concentración de flavonoides ($p = 0.0046$).

■ Tabla 2. Concentración de fenoles totales (g/kg de GAE), flavonoides totales (g / kg de EQ) compuestos secundarios en dietas a base de las leguminosas (*Acacia rigidula* y *Havardia pallens*) con respecto al grupo control.

	ME	DE	AR	DE	HP	DE	EEM	Valor p
Fenoles	22 ^b	0.016	57 ^a	0.019	47 ^a	0.013	0.006	0.0073
Flavonoides	210 ^{ab}	0.019	230 ^a	0.013	180 ^b	0.013	0.008	0.0046

ME: *Medicago sativa*; AR: *Acacia rigidula*; HP: *Havardia pallens*; EEM: Error estándar de la media; GAE: equivalente de ácido gálico; EQ: equivalente de quercetina; DE: Desviación estándar

Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal en caprinos criollos que fueron alimentados con ME, fue mayor comparado con los caprinos de HP, mientras que los caprinos que fueron alimentados con AR tuvieron un promedio similar al de ME, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas ($p = 0.668$) entre tratamientos (Tabla 3). Se observó significancia estadística de esta variable con respecto al tiempo ($p = 0.0001$), mientras que la interacción tratamiento por tiempo no fue significativa ($p = 0.716$).

■ Tabla 3. Circunferencia escrotal (cm) de caprinos criollos en crecimiento alimentados con dietas no convencionales.

	Tratamiento						EEM	Valor p		
	ME	DE	AR	DE	HP	DE		Trat	T	Trat X T
CE, global	23.87	2.8	23.36	2.7	22.07	2.7	1.3434	0.6686	0.0001	0.7167

CE: Circunferencia escrotal; ME: *Medicago sativa*; AR: *Acacia rigidula*; HP: *Havardia pallens*

Trat: Tratamiento; T: Tiempo; T X T: Interacción de Tratamiento X Tiempo

EEM: Error estándar de la media; DE: Desviación estándar.

Motilidad masal

En cuanto a la motilidad masal (rango 0-5) (Tabla 4), se observa que la escala 3 fue la más frecuente (42.19%), seguido de la escala 4 (18.75%) y la escala 2 (17.19%) ($p = 0.0001$). Con respecto al grupo de planta (Tabla 5) en el caso de la dieta con ME y HP, se observó mayor porcentaje de motilidad masal en la escala de 3 con 10.94, mientras que, para esa misma escala, pero en los animales que consumieron AR el porcentaje fue 20.31. Sin embargo, el nivel de motilidad espermática fue independiente del grupo de plantas utilizado en la dieta ($p = 0.627$).

Morfología espermática

En cuanto a la morfología espermática, los caprinos que consumieron dietas con ME obtuvieron menor porcentaje de anomalías primarias, en comparación a los grupos que consumieron dietas a base de AR y HP; sin embargo, las diferencias fueron mínimas y no

significativas ($p > 0.05$). De hecho, tampoco se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) con respecto al porcentaje de caprinos que mostraron una morfología espermática normal (Tabla 6, Figura 1).

■ Tabla 4. Motilidad masal frecuencias obtenidas en cada categoría.

Categoría	F	Porcentaje	X^2	Valor p
0	4	6.25	37.062	0.0001
1	2	3.13		
2	11	17.19		
3	27	42.19		
4	12	18.75		
5	8	12.50		

0: espermatozoides sin movimiento; 1: algunos se mueven en su sitio; 2: motiles, pero no forman ondas; 3: Presencia de ondas (50-70%); 4: las ondas se forman rápidamente (70-90%); 5: movimiento progresivo ondas que se forman muy rápido (> 90%)

■ Tabla 5. Motilidad masal frecuencias obtenidas en cada categoría de tratamiento.

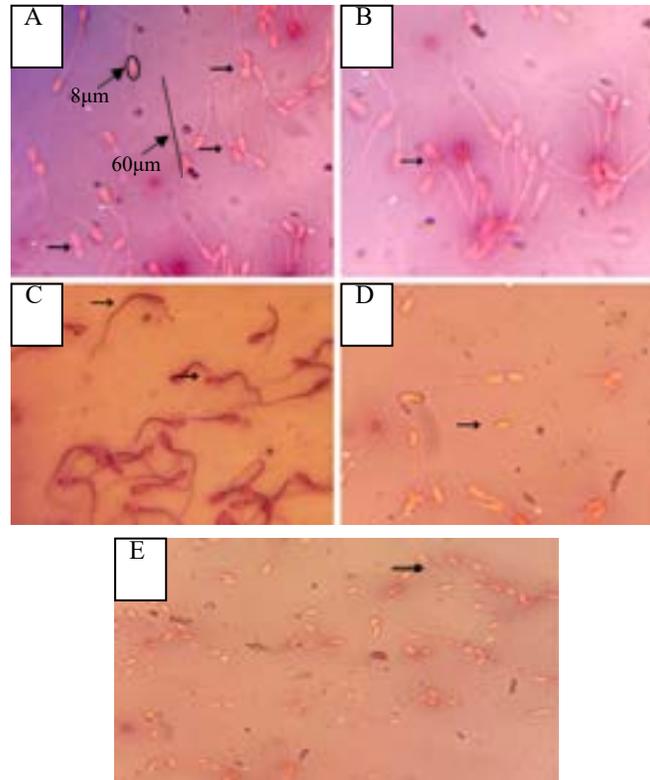
Categoría	ME F	%	AR F	%	HP F	%	X^2	Valor p
0	2	3.13	1	1.56	1	1.56	8.0147	0.6274
1	0	0	1	1.56	1	1.56		
2	4	6.25	7	10.94	0	0		
3	7	10.94	13	20.31	7	10.94		
4	4	6.25	4	6.25	4	6.25		
5	3	4.69	2	3.13	3	4.69		

0: espermatozoides sin movimiento; 1: algunos se mueven en su sitio; 2: motiles, pero no forman ondas; 3: Presencia de ondas (50-70%); 4: las ondas se forman rápidamente (70-90%); 5: movimiento progresivo ondas que se forman muy rápido (> 90%)

■ Tabla 6. Categorías de morfología espermática (%) de caprinos en crecimiento alimentados con dietas no convencionales.

Condición	ME	AR	HP	EEM	Valor p
Normal	57.95	52.96	54.37	2.7270	0.4961
Ausencia de cola	3.70	4.42	4.25	0.4934	0.6178
Angulados	32.10	34.60	33.87	1.9806	0.7137
Cola enrollada	6.85	9.21	8.18	1.1922	0.4454
Gota	0.30	0.21	0.18	0.1397	0.8860

ME: *Medicago sativa*; AR: *Acacia rigidula*; HP: *Harvardia pallens*; EEM: Error estándar de la media



■ Figura 1. Defectos morfológicos encontrados de los espermatozoides (flechas negras). A) cola enrollada, tamaño de la longitud de espermatozoide, tamaño de la cabeza, b) gota citoplasmática proximal, c) angulados, d) ausencia de cola, e) espermatozoide normal.

DISCUSIÓN

El utilizar arbustivas como manera de alimentación es un medio económico y rico en nutrientes como PC, ME, minerales, entre otros (Patil et al., 2022). Cuando una dieta es deficiente en nutrientes generalmente se suplementa con granos y leguminosas forrajeras, como es *Medicago sativa* (alfalfa), de esta manera mejora el rendimiento en ovinos y caprinos, sin embargo, considerando el ingreso económico de los pequeños productores, el suplementar con granos tiende a ser costoso (Patil et al., 2022).

Para mejorar los piensos de mala calidad, una propuesta es la suplementación con especies arbóreas multipropósitos que son de fácil acceso (Patil et al., 2022). La formulación de dietas a base de arbustivas *A. rigidula* y *H. pallens* contienen valores del 13.4% y del 14.5% de proteína en comparación con dietas a base de *M. sativa* del 16.7%, aunque en este trabajo de investigación no se evaluaron indicadores de crecimiento, estas dietas cumplían con los requerimientos nutricionales para dichos animales en crecimiento.

Los alimentos funcionales, son aquellos que proporcionan beneficios que van más allá de la nutrición básica, y, asimismo, son capaces de proporcionar evidencia científica de mejorar distintas funciones en el organismo (Cámpora, 2016). Sin embargo, dicha funcionalidad es conseguida mediante distintas estrategias, como son: maximizar la presencia de algún compuesto funcional en el propio alimento, incorporar algún componente bioactivo, incluso incrementar la biodisponibilidad del compuesto que sea de interés, entre otros (Cámpora, 2016). Aunque poseen un efecto positivo

en la salud, no se consideran un medicamento, sino más bien productos que son consumidos de forma normal y que además, ayudan a disminuir los riesgos de enfermedades por medio de la sana alimentación (Cámpora, 2016).

El valor bromatológico solo de la hoja de *A. rigidula* y *H. pallens* fue del 14% y del 13%, respectivamente, por lo que con este nivel de PC, se catalogarían como alimentos funcionales, es decir un alimento que es similar de manera física a un alimento convencional y que se consume de manera diaria como parte de la dieta, pero con la capacidad de generar efectos fisiológicos o metabólicos de manera útil para el mantenimiento de una buena salud, en cuanto a la reducción del riesgo de sufrir enfermedades crónico-degenerativas y que también cumplen sus funciones nutricionales básicas (Ferreira & Luengo, 2007). En cuanto al porcentaje de proteína cruda de *Acacia rigidula* se encuentra un poco por debajo al obtenido por Gutiérrez et al. (1990), sin embargo, Díaz Yerena (1991), considera que, a pesar de no tener un elevado porcentaje de proteína cruda, los caprinos pueden consumir hasta un 70% de *Acacia rigidula* en su dieta.

La circunferencia escrotal es de los principales parámetros que se toman en cuenta para la selección de sementales, puesto que se sabe que el tamaño testicular se correlaciona con la capacidad reproductiva de los machos (Espitia-Pacheco et al., 2018), siendo un parámetro que posee de alta a moderada heredabilidad (Barrozo et al., 2012). También es una variable que se considera para evaluar el desarrollo reproductivo, la espermatogénesis y las características seminales (Gallego-Calvo et al., 2018). El valor que se obtenga de esta variable, el desarrollo de los túbulos seminíferos y la eficiencia de la espermatogénesis, son características directamente relacionadas con el consumo nutricional (Eloy & Pereira, 2013).

Así también, algunos autores (Boligon et al., 2010; Nava-Trujillo, 2017), demostraron que la circunferencia escrotal está relacionada con la edad, el predominio racial y la ganancia diaria de peso. Puente et al. (2022) obtuvieron valores de circunferencia escrotal de 22.5 cm y de 24.8 cm de machos caprinos criollos de 5 y 6 meses de edad, semejante a lo obtenido en este trabajo de investigación, mientras que Zapata et al. (2021) obtuvieron circunferencias escrotales de 24.1 cm en machos criollos de 7 meses consumiendo dietas a base de arbustivas *Acacia farnesiana* y *Leucaena leucocephala*, teniendo 0.74 y 2.03 puntos porcentuales por arriba de lo obtenido en este trabajo de investigación. Cabe destacar que los caprinos utilizados en este trabajo fueron prepúberes en crecimiento, entrando en una edad de 3 a 4 meses aproximadamente a este proyecto de investigación y comenzando su etapa de pubertad a los 7 meses.

Por otro lado, los valores encontrados son superiores, comparados con animales <1 año que se encontraban pastoreando en zonas áridas teniendo valores de 20 a 22.4 cm (Agga et al., 2011). Así también Lacuesta et al. (2015), encontraron que en machos Boer en crecimiento alimentados con *M. sativa*, la mayor CE fue a los 8 meses de edad con 23 cm, semejante a lo encontrado para los grupos de *H. pallens* y *M. sativa*.

La motilidad espermática es una característica esencial del espermatozoide fértil capaz de atravesar el tracto reproductivo femenino, llegar al sitio de fertilización y penetrar la zona pelúcida del ovocito (Sapanidou et al., 2014). Con respecto a motilidad masal, Zapata et al. (2021), encontraron valores de 4.8, 4.7 y 4.2 para machos alimentados con *M. sativa*, *A. farnesiana* y *L. leucocephala*, respectivamente. Valores semejantes a los encontrados para el grupo de *M. sativa* y *A. rigidula* con excepción del grupo de *H. pallens*, que obtuvo una motilidad masal de 3. La motilidad masal

encontrada en nuestros grupos experimentales van de calidad regular a buena (3-4) (Aisen et al., 2005) en promedio a lo largo del tiempo, esto es adecuado en animales en crecimiento y es una variable decisiva para determinar el continuar con la evaluación de la muestra seminal.

Otra variable de mucha importancia en la evaluación del semen es la morfología, la que fue propuesta como un valor predictivo de la fertilidad por Kruger et al. (1986), quienes encontraron que existe una relación proporcional entre la fertilización del ovocito y la morfología espermática; es decir al disminuir la presencia de espermatozoides normales existe una disminución de la tasa de preñez (Danis & Samplaski, 2019; García-Vazquez et al., 2016).

Los valores encontrados de morfología normal en *M. sativa* fueron de 57.95%, *A. rigidula* fue del 52.95% y para el caso de *H. pallens* de 54.37%. Por otro lado, las anomalías primarias particularmente de la cabeza y del acrosoma, resultan de importancia ya que se ha visto que espermatozoides con macrocefalia se han relacionado con espermatozoides aneuploides que disminuirían el éxito en los programas de reproducción asistida (Danis & Samplaski, 2019).

Es importante mencionar que los machos caprinos de este trabajo de investigación son animales en crecimiento que pasaron de un estado de prepuber a pubertad, por lo que se intuye que los niveles de testosterona no se asemejarían a los de un animal adulto y esto es importante ya que la morfología espermática está estrechamente relacionada con la espermatogénesis, que a su vez está estrechamente relacionada con los niveles de testosterona (Marina, 2003).

Por otro lado, Ibrahim et al. (2003) y Acamovic y Booker (2005), mencionan que cuando existen pocas cantidades de taninos condensados en el forraje, es decir 20-40 g/kg de materia seca, puede favorecer efectos beneficiosos en el metabolismo de proteína de sobrepeso y mejora la absorción de aminoácidos en el intestino delgado, de tal manera que Waghorn et al. (1990) y Montossi (1995), confirmaron que niveles bajos de taninos generan efectos beneficiosos sobre la producción animal.

Nuestros resultados, se encuentran dentro de los rangos antes mencionados de taninos, lo que concuerda que no hubo casos de intoxicación o bajo consumo de alimento en el tiempo del experimento y en cuanto a parámetros reproductivos como motilidad masal y morfología espermática no se encontró significancia estadística, sin embargo, tampoco afectó en ello.

CONCLUSIÓN

El uso de arbustivas como sustituto de leguminosas forrajeras puede ser viable, ya que cumple con los requerimientos nutricionales de los caprinos y, de acuerdo con los resultados obtenidos, se pueden considerar como un alimento funcional. Otro aspecto a considerar es que, desde un punto de vista estadístico, no afectaron negativamente la morfología espermática al ofrecerse en un porcentaje del 35% de inclusión en dietas. Sin embargo, dicho experimento se realizó en animales prepúberes, por lo que, se recomienda replicarlo en machos caprinos adultos.

REFERENCIAS

Acamovic, T., & Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals.

- The Proceedings of the Nutrition Society*, 64(3), 403-412. <https://doi.org/10.1079/pns2005449>
- Agga, G. E., Udala, U., Regassa, F., & Wudie, A. (2011). Body measurements of bucks of three goat breeds in Ethiopia and their correlation to breed, age and testicular measurements. *Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association*, 95(2-3), 133-138. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.09.011>
- Aisen, E., Quintana, M., Medina, V., Morello, H., & Venturino, A. (2005). Ultramicroscopic and biochemical changes in ram spermatozoa cryopreserved with trehalose-based hypertonic extenders. *Cryobiology*, 50(3), 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2005.02.002>
- Andrews, W. H. (1996). AOAC INTERNATIONAL's three validation programs for methods used in the microbiological analysis of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 7(5), 147-151. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10017-0](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10017-0)
- Barrozo, D., Buzanskas, M. E., Oliveira, J. A., Munari, D. P., Neves, H. H. R., & Queiroz, S. A. (2012). Genetic parameters and environmental effects on temperament score and productive traits of Nelore cattle. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 6(1), 36-40. <https://doi.org/10.1017/S1751731111001169>
- Boligon, A. A., Silva, J. A. V., Sesana, R. C., Sesana, J. C., Junqueira, J. B., & Albuquerque, L. G. D. (2010). Estimación de parámetros genéticos de peso corporal, circunferencia escrotal y volumen testicular medidos a diferentes edades en bovinos Nelore. *Revista de Ciencia Animal*, 88(4), 1215-1219.
- Cámpora, M. C. (2016). Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(2), 131-137.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), article 3.
- Danis, R. B., & Samplaski, M. K. (2019). Sperm morphology: History, challenges, and impact on natural and assisted fertility. *Current Urology Reports*, 20(8), 43. <https://doi.org/10.1007/s11934-019-0911-7>
- Delgado Mendive, M. (2015). Relación entre los parámetros morfológicos, de gameto a blastocito, con las anomalías cromosómicas y el éxito reproductivo: Tesis para obtener el grado de doctor. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid.
- Díaz Yerena, E. (1991). Proteína sobrepasante en dietas de caprino consumidas en agostadero. <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/1361>
- Eloy, A. M. X., & Pereira, E. P. (2013). Stress on male goat reproduction. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 37(2), 153-163. [http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n2/pag156-163%20\(RB454\).pdf](http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n2/pag156-163%20(RB454).pdf)
- Espitia-Pacheco, A., Montes Vergara, D. E., & Lara-Fuenmayor, D. (2018). Evaluación del desarrollo testicular y medidas morfométricas en ovinos de pelo colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 165-175. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27550>
- Ferreira, M. J., & Luengo, F. E. (2007). La dieta como concepto terapéutico. Conceptos alimentos funcional y nutracéutico. Situación actual de los alimentos funcionales y nutracéuticos. Aspectos legales. En Sociedad Española de Cardiología (Eds). Alimentos funcionales y nutracéuticos (pp. 1-81). Acción Médica.
- Gallego-Calvo, L., Gatica, M. C., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. (2018). Reproductive responses to sexually active buck of does treated with melatonin when body weight/body condition is increasing or decreasing. *Animal Reproduction Science*, 190, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.01.009>
- García-Vázquez, F. A., Gadea, J., Matás, C., & Holt, W. V. (2016). Importance of sperm

- morphology during sperm transport and fertilization in mammals. *Asian Journal of Andrology*, 18(6), 844-850. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.186880>
- Gatimel, N., Moreau, J., Parinaud, J., & Léandri, R. D. (2017). Sperm morphology: assessment, pathophysiology, clinical relevance, and state of the art in 2017. *Andrology*, 5(5), 845-862. <https://doi.org/10.1111/andr.12389>
- Gutiérrez, O. E., Landa, J., Uresti, J. F., & González, R. (1990). Utilización de la proteína en arbustivas consumidas por caprinos en agostaderos. En memorias del IV congreso nacional de manejo de pastizales, Monterrey, N.L., México. p (Vol. 13).
- Ibrahim, M., Mannetje, L. T., & Ospina, S. (2003). Prospect and problems in the utilization of tropical herbaceous and woody leguminous forages. In VI International Symposium on the nutrition of herbivores. Proceedings of an International Symposium held in Mérida, México (pp. 35-55).
- Kruger, T. F., Menkveld, R., Stander, F. S., Lombard, C. J., Van der Merwe, J. P., van Zyl, J. A., & Smith, K. (1986). Sperm morphologic features as a prognostic factor in in vitro fertilization. *Fertility and Sterility*, 46(6), 1118-1123. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)49891-2](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)49891-2)
- Lacuesta, L., Orihuela, A., & Ungerfeld, R. (2015). Reproductive development of male goat kids reared with or without permanent contact with adult females until 10 months of age. *Theriogenology*, 83(1), 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.09.001>
- Marina, S. (2003). Avances en el conocimiento de la espermatogénesis. Implicaciones clínicas. *Revista Iberoamericana de Fertilidad*, 20(4), 213-225. <http://www.revistafertilidad.org/RecursosWEB/fertilidad/Fert-Jul-Agost03-Trabajo1.pdf>
- Montossi, F. (1995). El valor nutricional de los taninos condensados en el género *Lotus*. En D. F. Risso, E. J. Berretta & A. Morón (Eds.), *Seminario de actualización técnica sobre producción y manejo de pasturas* (pp.106-112). INIA Uruguay.
- Nava Trujillo, H., Parra Olivero, A., Galvis Carreño, F., Flores Perdomo, G., & Quintero Moreno, A. (2017). Relación entre la circunferencia escrotal y predominio racial, la edad, el peso corporal y la ganancia diaria de peso en toros. *Revista Científica, FCU-LUZ*, 27(1), 62-67 <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/43425?locale-attribute=fr>
- Patil, V., Gupta, R., Duraisamy, R., & Kuntal, R. S. (2022). Nutrient requirement equations for Indian goat by multiple regression analysis and least cost ration formulation using a linear and non-linear stochastic model. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(5), 968-977 <https://doi.org/10.1111/jpn.13653>
- Puente, M., Covelo, I., & Tartaglione, M. (2022). Desarrollo testicular y su relación con la calidad seminal en caprinos cruza Anglo Nubian x Boer (Nubor). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(1), e20387. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i1.20387>
- Sapanidou, V. G., Margaritis, I., Siahos, N., Arsenopoulos, K., Dragatidou, E., Taitzoglou, I. A., Zervos, I. A., Theodoridis, A., & Tsantarliotou, M. P. (2014). Antioxidant effect of a polyphenol-rich grape pomace extract on motility, viability and lipid peroxidation of thawed bovine spermatozoa. *Journal of Biological Research-Thessalonike*, 21(1), 19. <https://doi.org/10.1186/2241-5793-21-19>
- Taga, M. S., Miller, E. E., & Pratt, D. E. (1984). Chia Seeds as a Source of Natural lipid antioxidants, *Journal of American Oil Chemists' Society*, 61(5), 928-931.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. (2a. ed.). Cornell University Press. <https://www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctv5rf668>
- Waghorn, G. C., Jones, W. T., Shelton, I. D., & McNabb, W. C. (1990). Condensed tannins and the nutritive value of herbage. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 171-176. <https://doi.org/10.33584/jnzc.1990.51.1894>

Zapata, C., Salinas, J., Moran-Martínez, J., de Santiago, A., Veliz, F. G., García, J. E., & Mellado, M. (2021). Growth rate, scrotal circumference, sperm characteristics, and sexual behavior of mixed-breed goat bucks fed three leguminous trees. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(4), e0611. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021194-16780>



Una sola salud: una perspectiva veterinaria

One health: a veterinary perspective

Ana Lucía Urbizu-González¹, Liduvina Vázquez-Ruiz¹, Ivonne Ceballos-Olvera¹, Wendy Hernández-Cabrera¹, Pablo González-Alanís¹, Manuel Goldaracena-Olvera¹, María de la Luz Vázquez-Sauceda^{1*}

RESUMEN

En esta revisión se aborda el concepto de Una Sola Salud desde una perspectiva veterinaria. Es importante destacar que a pesar de que este concepto se formalizó a comienzos del siglo, los aspectos que aborda han sido considerados desde hace varias décadas utilizando diversos términos. Calvin Schwabe, en los años 70's y en el ámbito de la epidemiología veterinaria manifiesta el concepto de "Una Medicina" para expresar las interacciones donde se involucran la salud entre hombre y animal. Como consecuencia, la estructura formal del concepto "Una Salud" en 2008, lo abordan la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE) tomando en cuenta las problemáticas sanitarias en la triada hombre-animal-ambiente. En la actualidad, después de haber pasado por una pandemia que pudo haberse originado a partir de un patógeno que tiene su origen en la vida silvestre, se considera que el único enfoque capaz de ayudarnos a enfrentar futuras enfermedades zoonóticas es el de Una Sola Salud. Por lo que, el papel que desarrolla el médico veterinario es de suma importancia para enfrentarlas, pues los esfuerzos deben centrarse en los riesgos sanitarios y zoonóticos como el origen de los problemas de salud pública y considerar

ABSTRACT

In this review, the concept of One Health will be addressed from a veterinary medicine perspective. It is important to mention that although this concept was formalized at the beginning of this century, the aspects included in this concept have been considered since ancient times and through all these years have been named in different ways. Calvin Schwabe introduced the term "One Medicine" in the 1970s while working in the field of veterinary epidemiology to describe the interactions between human and animal health. Three decades later, in 2008, the World Health Organization (WHO), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), and the World Organization for Animal Health (OIE) formally adopted the concept of "One Health" with the aim of addressing health problems at the human-animal-environment interface. Today, after having been through a pandemic that may have originated from a pathogen in wildlife the only approach capable of helping us deal with future zoonotic diseases is One Health. Therefore, the role that veterinarians play is the most important to face them, the efforts must focus on health and zoonotic risks as the origin of public health problems and consider prevention and detection from the source of the infection by teaching this approach to future generations of veterinary medicine professionals.

Autor para correspondencia: mvazquez@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 29 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 27 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

la prevención y detección desde la fuente de origen, a través de la enseñanza de este enfoque en las futuras generaciones de profesionales de la medicina veterinaria.

Keywords: Environmental health, zoonosis, public health, One Health

Palabras clave: Salud ambiental, zoonosis, salud pública, Una Sola Salud

INTRODUCCIÓN

Las relaciones que protegen la salud humana y la salud animal se han establecido desde la antigüedad, sin embargo, en las últimas décadas ha tomado forma un concepto relativamente nuevo, que incluye la salud ambiental, englobando la interdependencia entre el medio ambiente, la sanidad animal y la salud humana; dicho concepto es denominado Una Sola Salud (Zunino, 2018).

Conforme a la Organización Panamericana de la Salud, los ejes prioritarios hacia donde las autoridades deben enfocar los esfuerzos de coordinación y las políticas de colaboración entre los actores en el tema de Una Sola Salud son la salud, la agricultura y ganadería, y el medioambiente, debido a los riesgos asociados a los sistemas de los que dependemos como sociedad (OIE & FAO, 2015).

El comercio ilegal de las especies, el cambio climático, la alteración del uso del suelo, la pérdida de cobertura vegetal, entre otros, son factores ambientales que provocan que los hábitats de las especies animales silvestres se modifiquen y que haya mayores probabilidades de interactuar con especies animales domésticas y con el ser humano, llevando a un riesgo por un cruzamiento de patógenos entre especies que se ve reflejado en un aumento de enfermedades infecciosas emergentes o reemergentes (Fernández et al., 2017; Zaragoza et al., 2019). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 60% de este tipo de enfermedades tienen su origen en los animales silvestres (Jawerth, 2020).

La salud humana siempre se considera el punto de partida para atender las problemáticas sanitarias que se presentan de manera global, pero es importante considerar la sanidad animal como el origen y trabajar en la prevención de enfermedades más que en el control de estas. Por lo tanto, es importante coordinar esfuerzos entre los diversos sectores de la vida silvestre, el medio ambiente, la salud humana y la salud animal. Así que siendo la salud un indicador del desarrollo sostenible, es un punto crucial para la aplicación de éstas e impactar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Actualmente, la salud humana y animal se enfrentan a un desafío asociado a todas las determinantes ambientales que se relacionan con los cambios globales que está sufriendo el planeta. El cambio climático, el incremento poblacional, la urbanización, la intensificación de las producciones agropecuarias, la disrupción de los ecosistemas, la globalización del comercio y el tránsito humano han ocasionado un impacto negativo en la salud, enfocando algunos estudios en proponer y mejorar las estrategias tradicionales para optimizar las condiciones de salud (Zunino, 2018).

El concepto de Una Sola Salud es considerado como la máxima autoridad de los esfuerzos interdisciplinarios e impacta en los diferentes actores que participan en la aplicación de este enfoque; en lo

académico este impacto se debe medir desde la inserción de este concepto en el plan de desarrollo institucional en la educación principalmente de las carreras afines a la medicina veterinaria.

El impacto gubernamental se presenta a través de un enfoque multisectorial de colaboración, cooperación y coordinación para el apoyo e inversión a la salud animal a través de la investigación pertinente. Los médicos veterinarios clínicos, epidemiólogos o expertos en ecología juegan un papel integral en la prevención, control y erradicación de las zoonosis. Por lo expuesto antes, esta revisión pretende presentar un panorama general del concepto de Una Sola Salud, a través de la perspectiva veterinaria.

DESARROLLO DEL TEMA

Una Sola Salud: concepto y componentes

El concepto de Una Sola Salud surgió alrededor del año 2000 para enfocar los esfuerzos de colaboración de múltiples disciplinas, señala que la salud humana y animal son interdependientes, y ambas dependen del medio ambiente.

Esto ha permitido desarrollar investigación que contribuye a controlar, prevenir o erradicar las enfermedades infecciosas que atacan la vida humana y animal, que, a su vez, ocasionan mortalidades, afectaciones económicas y alimentarias a nivel mundial, nacional y local (Zinsstag et al., 2020). En la última década, este concepto ha adquirido mayor importancia debido a la cantidad de afectaciones que ocasionan los factores ambientales y las enfermedades zoonóticas en la salud pública (Overgaauw et al., 2020; Zaragoza et al., 2019).

Como se considera en el concepto, los tres componentes principales de Una Sola Salud son: la salud humana, la salud animal y la salud ambiental. La salud humana y animal se encuentran vinculadas directamente con las enfermedades infecciosas, ya sea a causa de algún vector o por agentes patógenos zoonóticos (Kelly et al., 2020). Un ejemplo de esto es la pandemia por el COVID-19, corroborando que la relación existente es sumamente estrecha y que la humanidad puede verse vulnerable ante cualquier agente patógeno sin previo aviso (Yoo & Yoo, 2020).

La salud ambiental, por su parte, tiene un impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes, al favorecer las condiciones para que puedan propagarse y llegar hasta sus huéspedes. La contaminación ocasionada por el ser humano ha generado la aceleración del cambio climático, alterando las temperaturas de la tierra y propiciando las sequías y lluvias torrenciales (Abubakr & Saavedra, 2018; Zaragoza et al., 2019), por ejemplo, esto ha ocasionado que los mosquitos (vectores) tengan un rango de distribución más amplio, por lo que las enfermedades transmitidas por ellos aumentan su área de afectación (Mellor & Leake, 2000).

Una Sola Salud presenta un enfoque interdisciplinario que, a través del control, manejo y prevención de enfermedades infecciosas, emergentes o reemergentes causadas por el cambio climático o por los animales silvestres, de producción y acompañamiento, establecen propuestas para mejorar la salud humana (Mackenzie & Jeggo, 2019).

Esta estrategia tiene como objetivo minimizar los daños y maximizar los beneficios de la gestión para la salud pública y el abastecimiento de alimentos para cubrir las necesidades del aumento en la población con producciones sustentables (Ledo et al., 2021).

Aplicaciones de una sola salud

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) existen tres grandes áreas o líneas en las que se vuelve prioritario el término de Una Sola Salud, tales como inocuidad de los alimentos, el control de zoonosis y la lucha contra la resistencia a los antibióticos (Mackenzie & Jeggo, 2019; OPS & OMS, 2021).

Inocuidad alimentaria. Producción de alimentos de origen animal

En las últimas décadas, las necesidades de producción de alimentos han experimentado un incremento buscando satisfacer los requerimientos de la sociedad debido a un crecimiento exponencial de la población; aumentándose principalmente las producciones agropecuarias de tipo intensivo y semiintensivo (Binswanger-Mkhize & Savastano, 2017). Con estas producciones se intensificó la interacción humano-animal, propiciando la propagación de cualquier patógeno cuando existe un inadecuado manejo de las especies y no se dispone de sistemas de producción en óptimas condiciones (Overgaauw et al., 2020).

Para que las producciones puedan trabajar en condiciones adecuadas y tener éxito, es importante identificar los patógenos presentes y determinar los efectos que pudieran ocasionar, estableciendo programas de prevención, control y erradicación, que consideren la interconexión que los patógenos tienen con el ambiente en el que se desarrollan y su impacto en la salud de la población (Ledo et al., 2021). Para aplicar los programas de manejo, control y erradicación de patógenos es indispensable establecer supervisiones constantes por parte de las instituciones correspondientes para ordenar, regularizar y controlar de manera eficiente y eficaz toda producción agropecuaria. Las normas, reglamentos, leyes y demás documentos de regularización deben propiciar un ambiente seguro y sano para los seres vivos de los ecosistemas y el papel del médico veterinario en el cumplimiento de estos programas de inspección o supervisión es crucial (Kelly et al., 2020; Zinsstag et al., 2020).

Por otra parte, es importante considerar la regularización, capacitación y buenas prácticas de manejo de sustancias químicas que generan contaminación ambiental y que éstas a su vez ocasionan daños a los seres vivos. Asimismo, el abuso en el uso de estas sustancias está llevando a problemas como resistencia microbiana en el caso de los antibióticos (Abubakr & Saavedra, 2018).

Enfermedades zoonóticas emergentes y reemergentes

Las enfermedades zoonóticas son aquellas infecciones que son transmitidas entre animales y humanos, se consideran emergentes cuando el patógeno que las produce es desconocido hasta el momento en el que aparece, o bien que el patógeno ha evolucionado, se ha modificado o cambia de hospedadores, vector, patogenicidad o cepa. Cuando la infección o el patógeno es ya conocido, pero incrementa su prevalencia y/o sus hospedadores y cambia su distribución; entonces es considerada una enfermedad reemergente. Algunos ejemplos de enfermedades emergentes y reemergentes son Ébola, Dengue, COVID-19, enfermedad de Lyme, enfermedad de Chagas, Tuberculosis y Chikungunya (Monsalve et al., 2009; OPS & OMS, 2021).

El papel del médico veterinario es primordial en el control de enfermedades zoonóticas, en las granjas de producción de alimentos el abordaje integral es uno de los modelos que permiten tener un buen manejo de los animales, un efectivo sistema de bioseguridad, en donde destaca el concepto “granjas libres de patógenos (al exterior e interior)” y un adecuado programa de vacunación para la prevención de enfermedades aplicando el enfoque de Una Sola Salud. Mediante la divulgación de la información y datos sobre amenazas de enfermedades para evaluar los riesgos, se pueden emitir

alertas tempranas para prevenir y controlar enfermedades animales, incluidas las enfermedades zoonóticas (Dione et al., 2018). La prevención es un factor clave en el manejo de las enfermedades emergente y reemergente, esto se puede lograr mediante la aplicación del esquema de Historia Natural de Enfermedad que en su estructura tiene tres niveles de prevención: El nivel primario se contemplan la promoción de la salud (buena nutrición, higiene, limpieza instalaciones y manejo adecuado), la prevención y la protección específica (inmunizaciones); nivel secundario el cual contempla tres apartados el diagnóstico temprano, el tratamiento oportuno y limitar el daño o incapacidad; tercer nivel enfoca sus esfuerzo en la recuperación de animales y calidad de vida como caballos y pequeñas especies (Vignolo et al., 2011).

Con respecto a las enfermedades zoonóticas se han establecido sistemas de vigilancia y programas de respuesta con el fin de abordar brotes y prevenir la propagación de enfermedades como el virus del ébola, la gripe aviar, la rabia y la fiebre del Valle del Rift. Estos sistemas involucran a los sectores de la salud humana, animal y ambiental, y promueven la colaboración y el intercambio de información entre ellos (FAO et al., 2019).

Resistencia a antimicrobianos de patógenos zoonóticos

Desde el punto de vista de Una Sola Salud la Resistencia a Antimicrobianos (RAM) es un problema mundial (White & Hughes, 2019), el uso indebido de antimicrobianos en el humano, animales y ambiente, junto con la propagación mundial de los mecanismos de resistencia dentro de estos sectores se identifican con la principal causa de la RAM (Kraemer et al., 2019; Wee et al., 2020). Se requiere crear mayor conciencia en la prescripción de tratamientos con antibióticos, la prevención de la prescripción excesiva, así como la mejora en las condiciones de higiene y planes de control de infecciones en los humanos, animales y medio ambiente (McEwen & Collignon, 2018). Lo anterior llevará a un uso y manejo juicioso de los antibióticos que retrasará el fenómeno de la resistencia a éstos. Algunos países como los que pertenecen a la Unión Europea (UE) en el ámbito veterinario han promovido medidas que prohíben el uso de antibióticos para promover el crecimiento animal y requieren de registros para su trazabilidad. Otras medidas que pueden contribuir a la disminución de RAM incluyen la vacunación, así como el uso de compuestos funcionales como probióticos, prebióticos o péptidos bioactivos (Deusch et al., 2015; Mokhtari et al., 2017).

A nivel internacional, se llevan a cabo investigaciones multidisciplinarias en áreas como la epidemiología, la medicina veterinaria, la ecología, la genética y la salud pública. Además, se promueve la colaboración entre científicos, profesionales de la salud y expertos en políticas para abordar los desafíos de manera integral (Mackenzie & Jeggo, 2019). Asimismo, para promover la comprensión de la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental se han establecido programas de capacitación y educación, los cuales buscan formar a profesionales de la salud con enfoques interdisciplinarios y fomentar la colaboración entre diferentes sectores, promoviendo la educación en Una Sola Salud en instituciones académicas e incluyendo conceptos de este enfoque en las diferentes asignaturas de los planes de estudio de medicina, medicina veterinaria y salud pública (Ledo et al., 2021).

Al mejorar y controlar el acceso a medicamentos, vacunas y tratamientos utilizados para el control de enfermedades se reduce el riesgo de resistencias microbianas que pueden apoyar en la propagación y protección de los animales domésticos o de producción, y de esta forma poder reaccionar de manera rápida ante amenazas latentes de patógenos o enfermedades emergentes y reemergentes para salvaguardar la salud de la población. Los gobiernos deben trabajar en la detección temprana

de patógenos, por lo que deben tener vigilancia focalizada en los puntos donde surjan brotes de enfermedades y convertirse en una herramienta de vigilancia epizootiológica fundamental.

Situación actual de Una Sola Salud

El enfoque de Una Sola Salud ha ganado reconocimiento y aceptación a nivel mundial como una visión integral para abordar los desafíos de la salud pública. La colaboración y la cooperación intersectorial son fundamentales para su implementación exitosa, ya que permiten abordar los problemas de manera más efectiva y alcanzar resultados beneficiosos tanto para la salud humana como para la salud animal (Zaragoza et al., 2019).

En Latinoamérica, el enfoque de Una Sola Salud ha ganado reconocimiento y ha sido adoptado por diferentes países y organizaciones, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha promovido activamente el enfoque de Una Sola Salud en la región y trabaja en colaboración con países latinoamericanos para fortalecer la capacidad de detección, respuesta y control de enfermedades zoonóticas, así como para abordar los riesgos sanitarios asociados con la interfaz humano-animal (OPS & OMS, 2021).

En diversos países latinoamericanos al igual que en otras partes del mundo, se han establecido programas específicos para abordar las enfermedades zoonóticas que incluyen la capacitación del personal que interviene en alguno de los puntos de la triada y proyectos de investigación que su principal objetivo es la detección temprana, la respuesta rápida y la prevención de brotes, reconociendo la importancia de la colaboración entre los sectores de la salud humana y animal (OPS, 2017).

Es importante destacar que la adopción y promoción de Una Sola Salud varía entre los países de Latinoamérica, algunos pueden tener programas más desarrollados y recursos dedicados, mientras que otros están en las primeras etapas de implementación; sin embargo el enfoque continúa ganando importancia en la región a medida que se reconoce su relevancia para abordar desafíos de salud pública de manera integral y sostenible (Ledo et al., 2021).

En México, el enfoque de Una Sola Salud ha conseguido valor en los últimos años como una estrategia integral para abordar los desafíos de salud humana. En 2021, se presentó el Plan Nacional de Una Sola Salud, que busca colaborar entre los sectores de la salud humana, animal y ambiental para fortalecer la vigilancia y control de enfermedades zoonóticas, mejorar la seguridad alimentaria y promover el uso responsable de antimicrobianos y fomentar la investigación y la educación en el campo de Una Sola Salud (Secretaría de Salud, 2021).

Como seguimiento a lo establecido en este Plan Nacional, se ha creado la Comisión Nacional de Una Sola Salud en México, la cual está conformada por representantes de los sectores de la salud humana, animal y ambiental, así como por expertos y académicos, cuyo objetivo es coordinar acciones, promover la colaboración intersectorial y desarrollar estrategias conjuntas para abordar los desafíos de salud desde una perspectiva integral (Botello et al., 2022).

En México, se realizan investigaciones en el campo de Una Sola Salud, enfocadas en áreas como la epidemiología, la salud ambiental, la medicina veterinaria y la salud pública. Se fomentan proyectos colaborativos que involucran a investigadores, estudiantes de medicina veterinaria, profesionales de la salud y expertos en políticas para abordar los desafíos de manera integral (Lozano-López et al., 2022; Torres-Castro et al., 2023).

A partir de la pandemia de influenza A H1N1 de 2009, se han hecho esfuerzos por trabajar de manera colaborativa para atender emergencias sanitarias entre los sectores involucrados, sin embargo, todavía falta establecer modelos para una gobernanza interinstitucional en la que se dejen claras las acciones concretas que tienen que llevar a cabo cada una de las instituciones involucradas en la triada salud humana, animal y ambiental (Hegewisch-Taylor et al., 2022).

La Medicina Veterinaria desde el enfoque de Una Sola Salud

La enseñanza de la medicina veterinaria desde el enfoque de Una Sola Salud implica incorporar los principios y conceptos de este enfoque holístico en el plan de estudios y la formación de los futuros médicos veterinarios. Por tanto, es fundamental integrar conocimientos y colaboración con profesionales de otras disciplinas relacionadas con la salud humana y ambiental, como médicos, epidemiólogos, ecólogos y especialistas en salud pública, facilitando una comprensión más amplia de los problemas de salud pública y zoonosis para abordarlo desde múltiples perspectivas (Suárez-Lima et al., 2019).

En los planes de estudio en los que se tiene en cuenta ese enfoque de Una Sola Salud, los estudiantes de medicina veterinaria son instruidos acerca de los mecanismos de transmisión de enfermedades entre animales y humanos, así como la influencia de los factores ambientales en la salud de ambos, para que consideren el impacto de la salud animal en la salud humana y viceversa, reconociendo la importancia de un enfoque integral (Leopardi et al., 2021; Nguyen et al., 2020).

Se hace énfasis en la importancia de la prevención de enfermedades y la promoción de la salud en todas las especies y los futuros médicos veterinarios aprenden a identificar y gestionar los riesgos de enfermedades zoonóticas, así como a participar en la vigilancia epidemiológica y la respuesta a brotes, sin perder de vista el aspecto ambiental; los impactos de la actividad humana en el medio ambiente y cómo esto puede afectar la salud animal y humana y proponer soluciones para conservar la biodiversidad y el manejo sostenible de los recursos naturales (González & Pimienta, 2022). A través de la academia se promueve la investigación en el ámbito de Una Sola Salud y la enseñanza de habilidades para la recopilación y el análisis de datos, así como para la toma de decisiones basadas en la evidencia científica; esto ayuda a los futuros médicos veterinarios a abordar los desafíos de salud desde una perspectiva informada y fundamentada en datos con una visión de un enfoque de manejo integral, considerando la triada (Suu-Ire et al., 2021).

La implementación del enfoque en la enseñanza de la medicina veterinaria puede variar entre instituciones y países, sin embargo, la integración de los principios contribuye a la preparación de profesionales más capacitados para abordar los desafíos de salud desde una perspectiva global y colaborativa; asimismo, es importante destacar que la única forma que la humanidad tiene para protegerse de futuras pandemias es mediante este enfoque holístico de Una Sola Salud (Leopardi et al., 2021).

Un ejemplo de proyectos educativos destinados a fomentar el enfoque de Una Sola Salud son los cursos y diplomados ofertados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con el propósito de formar a profesionales de la salud y promover la colaboración interdisciplinaria. Se han llevado a cabo también conferencias y eventos para difundir los principios de Una Sola Salud y sensibilizar a la comunidad sobre su importancia, sin embargo, aún falta reforzar los conocimientos sobre el concepto para lograr esta educación y manejo holístico de las problemáticas asociadas a los problemas de salud (Coria-Lorenzo et al., 2019).

Una Sola Salud y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

Aún y cuando los ODS no se han enfocado estrictamente en una Sola Salud existen 8 de ellos que tienen relación estrecha entre la salud humana, la sanidad animal, la conservación de la biodiversidad y la sustentabilidad los cuales son: 1 eliminar la pobreza, 2 hambre cero, 3 salud y bienestar, 6 agua limpia y saneamiento, 12 producción y consumo responsable, 13 acción por el clima, 14 vida de ecosistemas acuáticos y 15 vida de ecosistemas terrestres, y están vinculados de forma directa con las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes (Di Marco et al., 2020).

Organizaciones multilaterales y no gubernamentales a nivel mundial, entre las que destacan la Asociación Veterinaria Mundial, han establecido una Alianza denominada Action for Animal Health. Estos representantes hacen un llamado especial a los líderes de las naciones que conforman el Grupo de los Veinte (G20), el cual es un foro internacional de gobernantes y presidentes de bancos centrales sobre los que recae las políticas relacionadas con la estabilidad financiera internacional.

La alianza Action for Animal Health emitió una carta en la que se hace un llamado contundente a las agencias internacionales ante la falta de inversión en los sistemas de salud animal para prevenir enfermedades zoonóticas, considerando que más del 75% de las infecciones emergente provienen de los animales y las enfermedades zoonóticas causan 2,7 millones de muertes en humanos anualmente (Boadella et al., 2011).

La Organización Mundial de Sanidad Animal reconoce que los esfuerzos se centran en la zoonosis, que es cuando los patógenos se transmiten de los animales al hombre, pero el factor de transmisión también puede presentarse a la inversa, es decir, hay patógenos que pueden transmitirse del hombre a los animales (antropozoonosis), que ocurren principalmente en especies cercanas genéticamente al hombre, susceptibles a enfermedades y que pueden llegar a ocasionar crisis en la sanidad animal, ya sea en especies domésticas o silvestres (Marrana et al., 2021).

Las consecuencias sociales y económicas han quedado claras con la pandemia de COVID-19; sin embargo, aún antes de esta pandemia ya eran necesarios cambios sistémicos para restaurar la relación hombre-salud-naturaleza, para abordar los detonantes ambientales de las enfermedades zoonóticas (Gómez-Luna et al., 2020; Suu-Ire et al., 2021).

CONCLUSIONES

El gran reto para los gobiernos y sus líderes es garantizar que las comunidades, incluso las más alejadas puedan acceder a servicios de sanidad animal, de esta manera el gobierno estaría enterado de primera línea y en el tiempo prudente sobre las enfermedades que afectan a los sistemas de producción alimenticia para estar en condiciones de ofrecer servicios y ayudar a controlar dichas problemáticas, generando una barrera que permita contener esas enfermedades en áreas puntuales. La inclusión de Una Sola Salud en la enseñanza de la medicina veterinaria considera la triada salud animal, humana y ambiental como base de una educación holística, basado en rediseñar los planes de estudio y los recursos del aprendizaje para incorporar este enfoque en la enseñanza de las ciencias.

El enfoque de Una Sola Salud afronta los actuales y complejos retos sanitarios de la sociedad, mediante esta multidisciplinariedad, cumpliendo con los objetivos de desarrollo sustentable (ODS).

REFERENCIAS

- Abubakr, Z., & Saavedra, C. (2018). A comparative analysis of the effects of landfills on water quality: a case study of two locations in New Jersey. *Revista de Iniciación Científica*, 4(2), 9-13. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2137>
- Binswanger-Mkhize, H. P., & Savastano, S. (2017). Agricultural intensification: The status in six African countries. *Food Policy*, 67, 26-40. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.09.021>
- Boadella, M., Gortazar, C., Acevedo, P., Carta, T., Martín-Hernando, M. P., de la Fuente, J., & Vicente, J. (2011). Six recommendations for improving monitoring of diseases shared with wildlife: examples regarding mycobacterial infections in Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 57, 697-706. <https://doi.org/10.1007/s10344-011-0550-x>
- Botello, F., Castañeda, S., Sarmiento, J., & Sánchez-Cordero, V. (2022). *Una sola salud. Las zoonosis y las áreas naturales protegidas de la región centro de México*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; Conservación Biológica y Desarrollo Social, A. C. <https://www.giz.de/de/downloads/giz2022-es-naturschutzgebiete-mexiko.pdf>
- Coria-Lorenzo, J. J., Sierra-Calle, A. E., Guerrero-Mendoza, G., & Field-Cortázar, J. (2019). Influenza y los virus aviar: la amenaza latente de un nuevo virus pandémico. *Acta Pediátrica de México*, 40(3), 154-165.
- Deusch, S., Tilocca, B., Camarinha-Silva, A., & Seifert, J. (2015). News in livestock research—use of Omics-technologies to study the microbiota in the gastrointestinal tract of farm animals. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 13, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2014.12.005>
- Di Marco, M., Baker, M. L., Daszak, P., De Barro, P., Eskew, E. A., Godde, C. M., Harwood, T. D., Herrero, M., Hoskins, J. A., Johnson, E., Karesh, W. B., Machalaba, C., Navarro, G. J., Paini, D., Pirzl, R., Smith, M. S., Zambrana-Torrelino, C., & Ferrier, S. (2020). Sustainable development must account for pandemic risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(8), 3888-3892. <https://doi.org/10.1073/pnas.200165511>
- Dione, M., Masembe, C., Akol, J., Amia, W., Kungu, J., Lee, H. S., & Wieland, B. (2018). The importance of on-farm biosecurity: Sero-prevalence and risk factors of bacterial and viral pathogens in smallholder pig systems in Uganda. *Acta Tropica*, 187, 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.06.025>
- FAO, OIE, & OMS. (2019). *Adopción del enfoque multisectorial “Una Salud” – Guía tripartita para hacer frente a las enfermedades zoonóticas en los países*. <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/es-tripartitezoonosesguide-webversion.pdf>
- Fernández, D. V., Sánchez-Vizcaíno, J. M., & Avilés, M. M. (2017). Repercusiones sanitarias del tráfico ilegal de aves silvestres. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 11(2), 25-26.
- Gómez-Luna, L. M., Guasch-Hechavarría, F., García-González, A., Muñoz-Padilla, A., Moya-Gómez, A. E., & Savón-Vaciano, Y. (2020). Un análisis de la percepción del riesgo ante la Covid-19. *Ciencia en su PC*, 1(2), 1-24.
- González, S. R., & Pimienta, C. I. (2022). El enfoque “una sola salud” y las zoonosis reemergentes. *Universidad y Sociedad*, 14(S2), 385-390.
- Hegewisch-Taylor, J., Dreser-Mansilla, A., Aragón-Gama, A., Moreno, A., Ramos-García, C., Reyes-Morales, H., Pelcastre-Villafuerte, B., Álvarez, A., Anaya-Sánchez, A., Rico-Cuevas, J. I., & Ruckert, A. (2022). Gobernanza de Una Sola Salud en México: una construcción necesaria para enfrentar amenazas sanitarias. *Gaceta INSP*, 5(4), 18-21. <https://www.>

insp.mx/resources/images/stories/Gaceta/vol17/220518_Gaceta_vol_17.pdf

- Jawerth, N. (2020). Enfermedades infecciosas y cómo pueden ayudar las ciencias nucleares. *Boletín del OIEA*, 61(2), 4-5. <https://www.iaea.org/sites/default/files/6120405es.pdf>
- Kelly, T. R., Machalaba, C., Karesh, W. B., Crook, P. Z., Gilardi, K., Nziza, J., Uhart, M., Robles, E., Saylor, K., Joly, D., Monagin, C., Mangombo, P., Kingebeni, P., Kazwala, R., Wolking, D., Smith, W., Consortium, P., & Mazet, J. (2020). Implementing One Health approaches to confront emerging and re-emerging zoonotic disease threats: lessons from PREDICT. *One Health Outlook*, 2, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s42522-019-0007-9>
- Kraemer, S. A., Ramachandran, A., & Perron, G. G. (2019). Antibiotic pollution in the environment: from microbial ecology to public policy. *Microorganisms*, 7(6), 180 <https://doi.org/10.3390/microorganisms7060180>
- Ledo, M. J. V., Vera, I. A., Suárez, J. L. A., Suárez, I. M., & Sao, M. P. (2021). Una Salud. *Educación Médica Superior*, 35(2), e2890. <https://www.medigraphic.com/pdfs/educacion/cem-2021/cem212r.pdf>
- Leopardi, S., Priori, P., Zecchin, B., Zamperin, G., Milani, A., Tonon, F., Giorgiutti, M., Beato, M. S., & De Benedictis, P. (2021). Interface between bats and pigs in heavy pig production. *Viruses*, 13(1), 1-4. <https://doi.org/10.3390/v13010004>
- Lozano-López, E., Austreberta-Nazar-Beutelspacher, D., & Nahed-Toral, J. (2022). Brucelosis bovina y humana en el sur de México: Una zoonosis desatendida. *Revista Chilena de Infectología*, 39(2), 157-165.
- Mackenzie, J. S., & Jeggo, M. (2019). The One Health approach—Why is it so important? *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088>
- Marrana, M., Donachie, D., Lasley, J., Muset, S., Diaz, F., Tizzani, P., Messori, S., Grillo, T., Stone, M., Karesh, W., & Hamilton, K. (2021, May 24-28). *Lessons identified from before and during the pandemic: how the OIE can support veterinary services to achieve one health resilience* [Paper presentation]. World Organization for Animal Health 88th General Session, Paris, France. https://web.oie.int/download/SG/2021/A_88SG_9.pdf
- McEwen, S. A., & Collignon, P. J. (2018). Antimicrobial resistance: a one health perspective. En S. Schwarz, L. M. Cavaco & J. Shen (Eds.), *Antimicrobial resistance in bacteria from livestock and companion animals* (pp. 521-547). American Society for Microbiology. <https://doi.org/10.1128/9781555819804.ch25>
- Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 19(1), 41-48. <https://doi.org/10.20506/rst.19.1.1211>
- Mokhtari, S., Khomeiri, M., Jafari, S. M., Maghsoudlou, Y., & Ghorbani, M. (2017). Descriptive analysis of bacterial profile, physicochemical and sensory characteristics of grape juice containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall coated probiotic microcapsules during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(4), 1042-1048. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13370>
- Monsalve, S., Mattar, S., & González, M. (2009). Zoonosis transmitidas por animales silvestres y su impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes. *Revista MVZ Córdoba*, 14(2), 1762-1773.
- Nguyen, T. T. K., Ngo, T. T., Tran, P. M., Pham, T. T. T., Vu, H. T. T., Nguyen, N. T. H., Thwaites, G., Virtala, A. K., Vapalahti, O., Baker, S., & Le Van, T. (2020). Respiratory viruses in individuals with a high frequency of animal exposure in southern and highland Vietnam. *Journal of Medical Virology*, 92(8), 971-981. <https://doi.org/10.1002/jmv.25640>
- OIE, & FAO. (2015). *Global control and eradication of peste des petits ruminants. Investing in*

- veterinary systems, food security and poverty alleviation*. <https://www.fao.org/3/i4477e/i4477e.pdf>
- OPS, & OMS. (2021, Junio 21-25). *Una salud: un enfoque integral para abordar las amenazas para la salud en la interfaz entre los seres humanos, los animales y el medioambiente* [Proyecto de resolución]. 168a Sesión del Comité Ejecutivo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS), sesión virtual. <https://www.paho.org/es/documentos/ce16813-rev-1-salud-enfoque-integral-para-abordar-amenazas-para-salud-interfaz-entre>
- OPS. (2017). *Salud en las Américas+, edición del 2017. Resumen: panorama regional y perfiles de país*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/wp-content/uploads/2017/09/Print-Version-Spanish.pdf>
- Overgaauw, P. A., Vinke, C. M., van Hagen, M. A., & Lipman, L. J. (2020). A one health perspective on the human–companion animal relationship with emphasis on zoonotic aspects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3789. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113789>
- Secretaría de Salud. (2021). *Programa de acción específico. Prevención y control de enfermedades zoonóticas y emergentes 2020-2024*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/738300/PAE_Zoonosis.pdf
- Suárez-Lima, G. J., Robles-Salguero, R. E., Serrano-Mantilla, G. L., Serrano-Cobos, H. G., Armijo-Ibarra, A. M., & Anchundia-Guerrero, R. E. (2019). Percepción sobre calidad de la atención en el centro de salud CAI III. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 38(2), 153-169.
- Suu-Ire, R. D., Obodai, E., Bonney, J. H., Bel-Nono, S. O., Ampofo, W., & Kelly, T. R. (2021). Viral zoonoses of national importance in Ghana: advancements and opportunities for enhancing capacities for early detection and response. *Journal of Tropical Medicine*, 2021, 8938530. <https://doi.org/10.1155/2021/8938530>
- Torres-Castro, M., Cruz-Romero, A., Ochoa-Valencia, J. L., Torres-León, M. A., & Lugo-Caballero, C. I. (2023). La rabia: enfermedad zoonótica reemergente en México. *Bioagrociencias*, 16(1), 1-12. <https://doi.org/10.56369/BAC.4767>
- Vignolo, J., Vacarezza, M., Álvarez, C., & Sosa, A. (2011). Niveles de atención, de prevención y atención primaria de la salud. *Archivos de Medicina Interna*, 33(1), 7-11.
- Wee, B. A., Muloi, D. M., & van Bunnik, B. A. D. (2020). Quantifying the transmission of antimicrobial resistance at the human and livestock interface with genomics. *Clinical Microbiology Infection*, 26(12), 1612-1616. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.09.019>
- White, A., & Hughes, J. M. (2019). Critical importance of a one health approach to antimicrobial resistance. *EcoHealth*, 16(3), 404-409. <https://doi.org/10.1007/s10393-019-01415-5>
- Yoo, H. S., & Yoo, D. (2020). COVID-19 and veterinarians for one health, zoonotic-and reverse-zoonotic transmissions. *Journal of Veterinary Science*, 21(3), e51. <https://doi.org/10.4142/jvs.2020.21.e51>
- Zaragoza, F. M., Guerrero, F. F., & García, S. V. (2019). *One Health. Cambio climático, contaminación ambiental y el impacto sobre la salud humana y animal*. Amazing Books.
- Zinsstag, J., Schelling, E., Crump, L., Whittaker, M., Tanner, M., & Stephen, C. (2020). *One Health: the theory and practice of integrated health approaches*. CABI Digital Library. <https://doi.org/10.1079/9781780643410.0000>
- Zunino, P. (2018). Historia y perspectivas del enfoque “Una Salud”. *Veterinaria (Montevideo)*, 54(210), 46-51. <https://doi.org/10.29155/VET.54.210.8>

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

TIPO DE COLABORACIÓN

Artículo científico

Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. La extensión máxima del manuscrito es de 25 cuartillas incluyendo tablas y figuras.

Artículo de revisión

La publicación de este tipo de manuscrito está sujeto a consideración del editor en jefe. Los tópicos que se discutirán serán los que se encuentran dentro del alcance de la revista. El artículo debe estar estructurado en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 300 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, desarrollo del tema (con los apartados necesarios a criterio del autor (es), conclusión y literatura citada.

Comunicaciones cortas

Este tipo de publicación es adecuada para registrar los resultados de pequeñas investigaciones completas o dar detalles de nuevos modelos o hipótesis, métodos innovadores o técnicas. El estilo de las secciones principales no necesita ajustarse al de los artículos completos. Las comunicaciones cortas tienen alrededor de 6 a 12 páginas manuscritas de extensión. Estructurar el artículo en el siguiente orden: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada.

Casos clínicos

La publicación de este tipos escrito ofrecen observaciones científicas relacionadas con la atención de un caso, que usualmente comprende una entidad nosológica poco frecuente, emergente, reemergente o que se presenta de manera atípica. Este artículo debe

estar integrado por los siguientes elementos: Título principal en español e inglés, autor (es), resumen máximo 100 palabras, palabras claves, abstract, key words introducción, caso clínico (desarrollo de la historia clínica, confirmación de laboratorio), discusión y conclusiones, agradecimientos (opcional) y literatura citada. Debe tener una extensión de 10 páginas y máximo 5 tablas o ilustraciones.

Para más información consulta las instrucciones específicas en el siguiente enlace.

<https://cienciasveterinariasyproduccionanimal.uat.edu.mx/index.php/cienciasVeterinarias/about/submissions>



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Dr. Norberto Treviño Zapata

CIENCIAS
Veterinarias
— y Producción Animal



VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD