

Revista de la
Facultad de **Medicina Veterinaria**
y de **Zootecnia**



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Artículos de investigación, reportes de caso y revisión

Volumen 69, n.º 1, enero-abril de 2022

© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA

Vol. 69 n.º 1, enero - abril 2022

ISSN: 0120-2952 (edición impresa)

ISSN: 2357-3813 (edición en línea)

DOI: 10.15446/rfmvz (CrossRef)

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/index>

Correo electrónico: rev_fmzbog@unal.edu.co

Teléfono 3165000 Ext. 15403 y 15331

Bogotá, D. C., Colombia

DECANA

Lucía Botero Espinosa

VICEDECANA

Gloria Amparo Casas Bedoya

DIRECTOR DE BIENESTAR

Harvey Lozano Márquez

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL

Hugo Andrés Gutiérrez Trujillo

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Miguel Angel Landines Parra

DIRECTORA DE PROGRAMA DE POSGRADO

Ligia Mercedes Jiménez Robayo

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Jairo Aureliano Jaime Correa

REPRESENTANTE DE LOS PROFESORES

Giovanni Vargas Hernández

SECRETARIO ACADÉMICO

Juan Sebastian Mora Cárdenas

DIRECTOR EDITORIAL

Sandra Milena Vásquez Mejía

COMITÉ EDITORIAL

Benjamin M. Bohrer. Ph. D., The Ohio State University. United States

Aroa Suarez vega. Ph. D., Universidad de Leon. España

Isabel Gómez-Redondo. Ph. D., GlaxoSmithKline. United States

Lizandra Amoroso. Ph. D., Universidade Estadual Paulista. UNESP. Brasil.

Martha Olivera Angel. Ph. D., Universidad de Antioquia. Colombia.

COMITÉ CIENTÍFICO

Benjamin M. Bohrer. Ph. D., The Ohio State University. United States.

Alexandra Calle Madrid. Ph. D., Texas Tech University. United States.

Aroa Suarez vega. Ph. D., Universidad de Leon. España.

Francisco Javier Martínez Cordero. Ph. D., Research Center for Food and Development. México.

Hans Henrik Stein. Ph. D., University of Illinois. United States.

Isabel Gómez-Redondo. Ph. D., GlaxoSmithKline. España.

Lizandra Amoroso. Ph. D., Universidade Estadual Paulista. UNESP. Brasil.

Cesar Agustin Corzo Rugeles. Ph. D., University of Minnesota. United States.

Martha Olivera Angel. Ph. D., Universidad de Antioquia. Colombia.

EDICIÓN

Sandra Milena Vásquez Mejía

COORDINACIÓN EDITORIAL

Luz Mery Grass Bernal

CORRECCIÓN DE ESTILO

Hernán Rojas Rodríguez

MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN

DGP Editores SAS, Bogotá D. C.

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

www.doaj.org

SciELO Colombia
www.scielo.org.co

SciELO
<https://scielo.org/>

redalyc.org
www.redalyc.org

latindex
catálogo
www.latindex.org

e-revist@s
<https://ddd.uab.cat>

Dialnet
<https://dialnet.unirioja.es/>

CAB ABSTRACTS
www.cabi.org

REDIB
www.redib.org

AGRIS
www.fao.org/agris/data-provider/universidad-nacional-de-colombia

LILACS
Literatura Latinoamericana y del
Caribe en Ciencias de la Salud
<https://lilacs.bvsalud.org/>

DERECHOS DE AUTOR Y COPYRIGHT

Los derechos de publicación de los contenidos de esta revista pertenecen a la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Se autoriza la citación y reproducción de los contenidos con fines académicos y científicos, siempre y cuando se indique explícitamente el nombre de la revista, el nombre de los autores, el año, el volumen, el número y las páginas del material fuente, de acuerdo con los estándares de citación de literatura científica vigentes. La reproducción de la totalidad de alguno de los artículos en otros medios de difusión, debe contar con la aprobación del editor de la revista.

Los contenidos publicados son responsabilidad exclusiva de los autores.

Contenido

Política editorial _____	7
Editorial	
Hacia un sistema de información de mercado para la prosperidad del agro _____	9

Artículos de investigación

Salud animal

Frecuencia de la leucemia felina (ViLeF) en un refugio municipal de Rionegro, Colombia, durante 2020 [<i>Frequency of Feline Leukemia (FeLV) in a municipal shelter in Rionegro, Colombia, during 2020</i>] <i>V. M. Molina, M. Orjuela</i> _____	11
---	----

Prevalencia de <i>Fasciola hepatica</i> y Paramphistomidae en bovinos de doble propósito en una hacienda del trópico bajo andino colombiano [Prevalence of <i>Fasciola hepatica</i> and Paramphistomidae in dual purpose cattle in a farm in the Colombian low Andean tropic] <i>M. I. Arroyo, L. Gómez, C. Hernández, D. Agudelo, A. L. Galván, L. E Velásquez</i> _____	19
---	----

Medición de los niveles de lactato sérico y frecuencia cardíaca, en caninos (<i>Canis lupus familiaris</i>) braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos sometidos a prueba de esfuerzo en trotadora motorizada [Measurement of serum lactate levels and heart rate in canines (<i>Canis lupus familiaris</i>) Brachycephalic, Mesocephalic and Dolichocephalic submitted to a stress test on a motorized treadmill] <i>M. A. Saldivia-Paredes</i> _____	33
--	----

Niveles séricos de la isoenzima creatina quinasa-MB y lactato deshidrogenasa, como indicadores de daño miocárdico en perros con enfermedad valvular degenerativa [Serum levels of the isoenzyme creatine kinase-MB and lactate dehydrogenase, as indicators of myocardial damage in dogs with degenerative valve disease] <i>R. Sepúlveda, M. Saldivia, S. Vásquez</i> _____	40
--	----

Producción animal

Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras [Production dynamics and greenhouse gas modeled emissions from regional dairy production systems in Honduras] <i>D. Marín-López, I. A. Matamoros-Ochoa, C. A. Ramírez-Restrepo</i> _____	46
--	----

Evaluation of chemical silage on egg quality parameters in ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus Domesticus*)

[Evaluación del ensilado químico sobre los parámetros de calidad del huevo en gallinas ponedoras de la línea ISA Brown (*Gallus gallus domesticus*)]

Y. S. Gaviria, L. F. Londoño, J. E. Zapata M. _____ 63

Artículo de revisión

Producción animal

Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión

[Prospects for sustainable production in integrated multitrophic aquaculture (IMTA): a review]

D. C. Naspirán-Jojoa, A. G. Fajardo-Rosero, M. Ueno-Fukura, L. F. Collazos-Lasso _____ 75

Instrucciones para los autores y consideraciones éticas _____ 98

Instructions for authors and ethical considerations _____ 103

Instruções aos autores e considerações éticas _____ 107

INDEXACIÓN:

La REVISTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá D. C., se encuentra referenciada en los siguientes índices y bases de datos:

- SciELO Colombia
- Scielo Citation Index - Web of Science (Thomson Reuters)
- CAB-Abstracts (CAB International)
- Redalyc
- DOAJ (Directory of Open Acces Journals)
- LILACS
- Latindex (UNAM)
- Agris-FAO
- Dialnet
- e-revistas
- Redib

Nuestros contenidos Open-Access se pueden consultar y bajar en:
www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index

Política editorial

La *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* fue creada en 1929 por el doctor Doménico Geovine, decano de la Escuela Nacional de Medicina Veterinaria, hoy Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. En el medio universitario y en el área pecuaria, es la revista con mayor antigüedad. Desde su creación, su objetivo ha sido ofrecer un medio escrito de expresión para toda la comunidad académica global, en el cual exponer sus ideas, resultados de investigación, ensayos, etc., relacionados con el quehacer científico en el área de las Ciencias Animales y otras afines. Su filosofía ha sido la de tener un carácter abierto, decididamente transparente y democrático, no solo en la participación de los articulistas, sino en los procedimientos internos de gestión. La *Revista* busca cumplir con sus objetivos de divulgar los trabajos de investigación, documentos críticos y de revisión técnico-científica y, con ello, difundir el conocimiento entre profesionales de las áreas pecuarias, siempre en la búsqueda de información pertinente y actualizada de temas relacionados con el sector y propendiendo por obtener reconocimiento con la comunidad en general, a través de la edición de contenidos que permita la interacción de la Academia con el medio.

Periodicidad: cuatrimestral

Arbitraje

Los manuscritos y propuestas de publicación serán evaluados por medio de criterios explícitos, según el tipo de material, por pares académicos mediante la modalidad de doble ciego con cuando menos dos evaluadores por manuscrito. La evaluación procurará identificar los aportes a la innovación científica, tecnológica o pedagógica de las propuestas, frente al estado vigente de conocimiento en una disciplina. Los evaluadores deben emitir un concepto de aprobación, modificación o reprobachión y, en caso de un concepto dividido por parte de los evaluadores, el manuscrito será enviado a un tercer evaluador experto en el área para definir si se acepta o se rechaza. Así mismo, el Comité editorial o el editor en jefe podrán recomendar o negar la publicación del manuscrito, o solicitar la corrección de forma o de fondo del mismo.

Los criterios por aplicar en la evaluación académica de los manuscritos y propuestas son los siguientes:

- Pertinencia de contenido o temática: los textos deberán abordar las cuestiones que resulten relevantes de manera directa o indirecta, para la comprensión de alguna de las disciplinas y profesionales de la salud y la producción animal.
- Rigor argumental: los trabajos deberán tener un pensamiento formal coherente y lógico.
- Coherencia metodológica: los materiales deben presentar concordancia entre el planteamiento del problema, los objetivos, los resultados y las interpretaciones.
- Claridad conceptual: correspondencia entre términos científicos o técnicos empleados en la finalidad temática.

Hacia un sistema de información de mercados para la prosperidad del agro

Un aspecto que marca el éxito del negocio agropecuario es la información, y lo que se haga con ella es clave para aprovechar las ventajas del mercado frente a las oportunidades que se plantean. Sin embargo, hay una preocupación puesto que muchas veces, algunos empresarios del agro toman decisiones queriendo entrar en modas comerciales, sin saber si se tienen las condiciones para ser competitivos y mucho menos sin haber analizado un principio básico en economía: la ley de oferta y demanda. Esta ley establece que cuando hay poca cantidad de producto en un mercado y una alta demanda, el precio como consecuencia crece. Por ello, algunos comienzan a tomar partido, buscando altas tasas de retorno y, al ser los primeros en llegar al negocio, obtienen buenos resultados, pero en la medida en que más personas se entusiasman y quieren imitar sus acciones, las ganancias van decreciendo porque las cantidades de producto que se ofertan en el mercado aumentan y los precios caen.

Bien sea por imitación o por promoción de alguna entidad de orden público o privado, lo cierto es que ha existido improvisación en muchos procesos llevados a cabo en el agro y en lo que se les recomienda a algunos campesinos que deben producir. Estos, cuando se sienten abandonados porque las acciones no son estructurales, sino temporales, desisten de la iniciativa y regresan a producciones tradicionales que generan poco o ningún valor agregado con la esperanza de que su práctica tradicional suba de precio, pero difícilmente ocurre.

La paradoja es que, cuando muchos salen del negocio porque sus metas económicas no fueron satisfechas, los precios con el tiempo vuelven a subir por la poca oferta del producto. Aunque existe tal descontento en la población, pues el proyecto promisorio del que tanto se hablaba genera resistencia, se replantea el negocio para que vuelva a comenzar. Sin embargo, existe tal desconfianza que no se obtienen los resultados esperados, a pesar de que ya se cuenta con conocimientos y experiencia en la práctica productiva.

Por ende, hay dos problemas que abordar: la mentalidad de algunos productores que fijan sus prácticas en un anhelo y no en la persistencia de un negocio que tiene altas y bajas, como todos; y la falta de información y el deseo de conseguirla para anticipar las estrategias que se deben llevar a cabo para asegurar su continuidad en el negocio que ha decidido desarrollar. Conocer el producto a profundidad y cómo se desenvuelven los mercados permite que el productor agropecuario tenga una visión empresarial y con ello mejores posibilidades de adaptarse y crecer en un mercado que se torna dinámico y cambiante lo cual plantea retos y genera amenazas.

Actualmente, acceder a la información se torna una tarea tortuosa y difícil. Hay que buscarla en diferentes fuentes, entidades y plataformas, en ocasiones hay que pagar, y mucho, para tener datos más o menos actualizados, lo cual hace parte de un proceso sistemático dificultoso al que muy pocos tienen acceso.

Para comenzar a solucionar esta problemática podría implementarse un ecosistema agroempresarial de información, el cual debería alimentar un único gran sistema que permita sumar las capacidades gubernamentales con las existentes en la Academia y

los gremios para incorporar los datos que se vayan recolectando con ayuda de todos los actores. Esto generaría una única plataforma de carácter público y abierto para los colombianos, con información relevante y oportuna que permita a los actores del agro entender y acceder a la información de manera ágil, para facilitar la toma de decisiones.

De esta estrategia se nutrirían los productores de a pie, para los cuales habría que crear mecanismos de socialización y acceso, para comenzar a tener una base empresarial que piense en cómo mejorar sus unidades productivas, y que promueva el dejar de imitar a otros porque tal vez tengan mejor información; una base para evitar ir al vaivén del mercado, dando palos de ciego y a la suerte de Dios.

Referencias

- Arias F. 2014. Agromarketing: una mirada al mercadeo en el sector agropecuario. Caldas: Editorial Lasallista.
- Arias Vargas FJ. 2021. Actividad emprendedora de los *millennials* en Antioquia (Colombia) [tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/164046>

Francisco Javier Arias Vargas

Doctor en Administración y Dirección de Empresas, UPV

Director General de la Red de Investigación GCE

Docente Investigador Universidad de Medellín

Correo electrónico: farias@udemedellin.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4483-1741>

Frecuencia de la leucemia felina (ViLeF) en un refugio municipal de Rionegro, Colombia, durante 2020

V. M. Molina^{1*}, M. Orjuela²

Recibido: 29 de abril de 2021. Aprobado: 10 de junio de 2021

RESUMEN

La leucemia viral felina (ViLeF) es una enfermedad retroviral letal, de una elevada prevalencia en Colombia, que afecta a felinos de diferentes edades y sexos. El objetivo de esta investigación fue determinar la frecuencia por serodiagnóstico de ViLeF en felinos del centro integral de bienestar animal Ceiba, ubicado en Rionegro, Antioquia (Colombia), en 2020. Para ello, se realizó un estudio descriptivo longitudinal de serofrecuencia de ViLeF desde enero hasta diciembre de 2020. Fueron muestreados 92 gatos, a los cuales se les efectuó una prueba p27 por inmunoensayo comercial Elisa (Idexx©, Snap Combo Plus®, Maine, EE. UU.). La frecuencia de felinos positivos fue 30/92 (32,60%) y el mes de mayo fue el de mayor frecuencia (9,78%). Los machos positivos fueron 17/92 (18,47%) y las hembras 13/92 (14,13%). La edad promedio de seropositividad fue 2,14 años. La frecuencia de ViLeF en 2020 para Ceiba, Rionegro (Colombia) es de 32,60%, un valor elevado con respecto a descripciones en otros albergues para felinos. ViLeF es una enfermedad que está siendo reportada con mayor frecuencia en Colombia, debido a que las medidas de prevención no se están adoptando rutinariamente.

Palabras clave: felino, leucemia, morbilidad, inmunocromatografía, viral.

Frequency of feline leukemia (FeLV) in a municipal shelter in Rionegro, Colombia, during 2020

ABSTRACT

Feline viral leukemia (ViLeF) is a lethal retroviral disease with a high prevalence in Colombia that affects felines of different ages and sexes. The purpose of this investigation was to determine the frequency by serodiagnosis of ViLeF in felines of the integral center of animal welfare Ceiba, located in Rionegro, Antioquia (Colombia), during 2020. For that, a longitudinal descriptive study of ViLeF serofrequency from were made January to December 2020. 92 cats were sampled, which were tested for p27 by commercial Elisa immunoassay (Idexx©, Snap Combo Plus®, Maine, USA). The frequency of positive felines was 30/92 (32,60%). May was the month with the highest frequency

¹ Boehringer Ingelheim. Pet Technical Service. Carrera 11 #84a-09. 5.º Piso. Edificio Amadeus. Bogotá, Colombia. Victor.molina@boehringer-ingelheim.com

² Centro integral de bienestar animal Ceiba. Vereda el Carmín. Rionegro, Antioquia (Colombia).

(9,78%). The positivity frequency for males was 17/92 (18,47%) and the frequency for females 13/92 (14,13%). The main age of seropositivity was 2,14 years. The frequency of ViLeF in 2020 for Ceiba, Rionegro (Colombia) is 32,60%. This is a high value in comparison to descriptions in other shelters for felines. ViLeF, in Colombia, is a disease that has been reported with more frequency because prevention measures are not being adopted routinely.

Keywords: feline, immunochromatography, leukemia, morbidity, viral.

Introducción

La leucemia viral felina (ViLeF) en los últimos años se ha convertido en uno de los problemas sanitarios de mayor relevancia en la clínica de felinos (Molina 2020; Ortega *et al.* 2020) y cada vez es más frecuente la consulta por gatos en la fase progresiva de la enfermedad (Molina 2019). Estos gatos presentan cuadros de leucocitosis persistente y desarrollo de linfosarcomas (Molina 2013; Ortega *et al.* 2020). El incremento de la prevalencia de la enfermedad en Colombia puede estar dado por el desconocimiento de manejo de la vacunación como método preventivo y las limitaciones en el diagnóstico precoz (Calle-Restrepo *et al.* 2013; Molina 2019; 2020; Ortega *et al.* 2020). Sin duda, ViLeF es una de las enfermedades virales más desafiantes para los médicos veterinarios, debido a que su pronóstico es en muchos casos incierto, pues pacientes con ViLeF pueden permanecer años sin mostrar ninguna sintomatología, como pacientes regresivos (Greene 2012; Quackenbush *et al.* 1996; Willis 2000), aunque otros en fase progresiva fallecen en menos de un año después de contraer la enfermedad (Chhetri *et al.* 2015; Flynn *et al.* 2002). Debido a estas características, el objetivo de este artículo es describir la frecuencia de ViLeF en fase progresiva, en Rionegro, Antioquia (Colombia), en el año 2020.

Materiales y métodos

Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo longitudinal comprendido entre enero y diciembre de 2020, sobre la seropositividad con respecto a ViLeF con la prueba p27.

Población

Fueron muestreados 92 gatos que ingresaron al centro integral de bienestar animal Ceiba, del municipio de Rionegro, Antioquia (Colombia), a los cuales se les efectuó la prueba p27 por inmunoensayo comercial Elisa (Idexx®, Snap Combo Plus®, Maine, EE. UU.) para el diagnóstico de ViLeF, como parte del protocolo sanitario de la institución. Todos los felinos muestreados se encontraban en situación de abandono y vida feral, dentro del municipio.

Comité de ética

Los felinos fueron sometidos a los procedimientos siguiendo las normas del Código de Ética, capítulo VI de la Ley 84 de 1989, la Ley 1774 de 2016, artículo 3, título III y capítulo 6 de la Ley 576 de 2000 de la República de Colombia.

Inmunodiagnóstico

El diagnóstico de leucemia se realizó en muestras de plasma por el inmunoensayo comercial Elisa (Idexx®, Snap Combo

Plus®, Maine, EE. UU.). La prueba Snap Combo Plus® FeLV/FIV detecta la proteína p27 del ViLeF, en plasma, con una sensibilidad del 93,3% y una especificidad del 95%, según el catálogo Idexx Laboratories®.

Análisis estadístico

Los datos fueron recolectados en programa Excel®, Microsoft®, y seguidamente, procesados en el programa Statgraphics Centurión XV®, con un nivel de confianza 95%. Los datos cualitativos fueron procesados con prueba Ji2. Finalmente, para los datos cuantitativos, se realizó la prueba anova y luego *test* de Tukey. Se evaluó la frecuencia usando la siguiente fórmula:

Frecuencia = número de animales ViLeF positivos/población evaluada \times 100

Resultados

El número de gatos muestreados para ViLeF fue 92 felinos, los cuales ingresaron a Ceiba en el 2020. De ellos, 46 (50%) eran machos y 46 (50%) hembras; la edad osciló entre 6 meses y 7 años, con un promedio de edad de $3,01 \pm 0,32$ años. La raza más frecuente fue mestiza, con el 98,91%, mientras que 1,08% correspondió a un felino siamés. El 100% de los individuos vivían en situación de calle dentro de los límites del municipio y el 100% de los animales muestreados fueron rescatados dentro del casco urbano de Rionegro.

La frecuencia de felinos positivos fue 32,60% (30/92); la proporción según sexo mostró que los machos positivos representaron 18,47% (17/92), mientras que las hembras positivas 14,13% (13/92) (figura 1). No se encontró diferencia estadística significativa para la relación entre seropositividad y sexo $p > 0,05$ (figura 2). En cuanto a la edad promedio de positividad fue de $2,14 \pm 0,5$ años. No se pudo

determinar diferencia estadística para la edad, entre gatos positivos y negativos ($p > 0,05$).

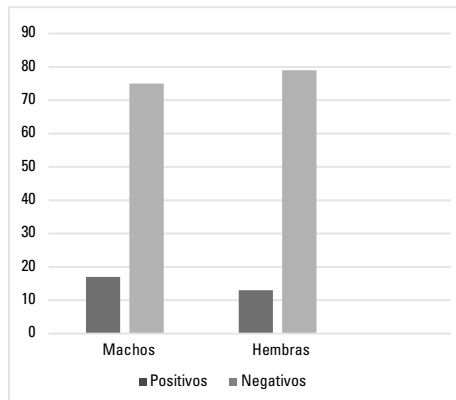


FIGURA 1. Frecuencia de ViLeF en gatos según SU SEXO

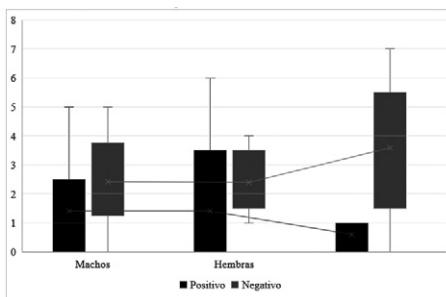


FIGURA 2. Gráfica comparativa de frecuencia de ViLeF entre machos y hembras/positivos y negativos durante 2020

Con respecto a la raza, la que mostró mayor frecuencia es la mestiza con 91 ejemplares y 1 solo fue siamés, no se puede determinar correlación entre ViLeF y raza, pero es interesante saber que el único gato de raza fue ViLeF positivo representando 1,08% de la frecuencia.

En cuanto a la frecuencia de la enfermedad por meses, se describe que los meses que presentaron mayor casuística fueron

mayo, con 9 casos (9,78%); noviembre, 8 (8,69%); y septiembre, con 6 (6,52%) (ver tabla 1).

Discusión

Aunque las poblaciones de felinos domésticos en el municipio para el año 2020 no se encuentran documentadas, sí se tiene un censo del 2017, en el que se indica que llega a los 1291 ejemplares. El tamaño de muestra es de 297 animales, lo que indica un error estándar del 5%. Aunque la presencia de 92 gatos que ingresaron a Ceiba solo representa el 7,12% de la población general de Rionegro y no es un valor significativo para determinar una prevalencia de la enfermedad en la ciudad, sí representa el 100% de la población del centro, lo cual indica que la frecuencia

de ViLeF para Ceiba es extremadamente elevada (32,60%). Esto sobrepasa los datos recolectados por otros autores en otros centros de bienestar y regiones de Colombia, en los que las frecuencias se presentaban entre 17 y 29% (Calle Restrepo *et al.* 2013; Massey-Malagón *et al.* 2019; Molina 2019; 2020; Ortega *et al.* 2020; Ramírez y Henao, 2009; Tique *et al.* 2009). Una de las posibles explicaciones a la alta frecuencia es que se trata de felinos en situación de calle que jamás recibieron primovacunación contra ViLeF (Molina 2020; Ortega *et al.* 2020). Además, el desconocimiento de las nuevas tecnologías en vacunación recombinante hace que la población de gatos progresivos aumente (Little *et al.* 2020). Los valores encontrados de frecuencia del 32,60%

TABLA 1.

Mes	Machos positivos	%	Hembras positivas	%	Casos totales positivos	%
Enero	1	1,08	1	1,08	2	2,17
Febrero	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0
Mayo	3	3,26	6	6,52	9	9,78
Junio	1	1,08	1	1,08	2	2,17
Julio	1	1,08	0	0	1	1,08
Agosto	1	1,08	1	1,08	2	2,17
Septiembre	5	5,43	1	1,08	6	6,52
Octubre	0	0	0	0	0	0
Noviembre	5	5,43	3	3,26	8	8,69
Diciembre	0	0	0	0	0	0
Número total al año	17	18,47	13	14,13	30	32,60

son superiores a datos, inclusive, de otros países como EE. UU., España, Italia y Brasil, donde las poblaciones felinas, aun ferales, son mayores, pero las prevalencias van de 1-8% (Ávila *et al.* 2015; Chhetri *et al.*, 2015; Lacerda *et al.* 2017). Se sabe que todos los felinos fueron sometidos a la prueba p27, que determina ViLeF en fase progresiva y no en aquellos que están en estado regresivo, por lo cual los niveles de frecuencia pueden ser más elevados, ya que la prueba Gold Standard es la reacción en cadena de la polimerasa PCR (Little *et al.* 2020; Ortega *et al.* 2020) y por el alto costo en Colombia, se hace difícil su ejecución.

Debido a que la forma de contagio de ViLeF es por contacto con secreciones como la saliva de un gato infectado, el alto índice de presencia de la enfermedad en felinos en situación de calle es mayor, como se describe en la presente investigación. Además, los gatos de vida libre facilitan la transmisión (Molina 2013; Polani 2010; White *et al.* 2011; Willis 2000).

El diagnóstico de ViLeF se realizó con el uso de un *kit* comercial Snap combinado. Se trata de una prueba de Elisa con una sensibilidad de 93,3% y especificidad de 95%, como se usó en el presente estudio, lo que garantiza un diagnóstico precoz y oportuno de ViLeF, en especial en la fase progresiva (Chhetri *et al.* 2015; Crawford y Julie 2007). Esto coincide con los datos descritos en el artículo (32,60% de gatos ViLeF progresivos).

Con respecto al comportamiento de la enfermedad en los últimos años, en Colombia encontramos que, en un estudio realizado en Medellín (Colombia) entre 2013 y 2018, en el que se evaluaron 1718 felinos, se encontró que la frecuencia de ViLeF fue 21,86% (Molina 2020), mientras que, en un estudio publicado por Ortega

et al. (2020), se encontró una prevalencia 59,44% en la misma región geográfica. Otro estudio en Montería, Córdoba, encontró prevalencia de 23,3% en el año 2009 y en la ciudad de Tunja se determinó una prevalencia del 17% (Massey-Malagón *et al.* 2019). Todos los estudios muestran valores de frecuencia y prevalencia inferior a lo descrito en el presente estudio.

En cuanto a los valores encontrados de la frecuencia de la enfermedad para el sexo, se pudo determinar que el estudio fue equilibrado en cuanto a la población muestreada (50% de cada sexo), pero en los valores encontrados (18,47% en machos y 14,13% en hembras) existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre machos y hembra, lo cual coincide con varios autores, quienes indican que ViLeF es una enfermedad más frecuente en machos (60%) que en hembras (Polani *et al.* 2010; Willis 2000). No obstante, el estudio mostró datos muy similares a los descritos para Colombia, posiblemente se debe a que en este país la frecuencia a la exposición es similar para las hembras y para los machos, y, como se trataba de felinos de vida libre, el riesgo de contagio es el mismo (Calle-Restrepo *et al.* 2013; Molina 2019; 2020; Ortega *et al.* 2020). En cuanto al análisis de las proporciones infección/seropositividad al ViLeF entre machos y hembras, se puede ver que la enfermedad se comporta, en este estudio, de manera muy similar a muchas infecciones virales en la especie felina, pues afecta igual a machos y hembras (Calle-Restrepo *et al.* 2013; Chhetri *et al.* 2015; Wise *et al.* 2005), lo cual es similar a lo que encontraron Ramírez y Henao (2009) en el centro de bienestar La Perla, en la ciudad de Medellín, quienes tampoco encontraron diferencia entre la presencia ViLeF en machos y hembras.

Con respecto a la variable edad, la presencia de ViLeF en población de gatos muy jóvenes puede estar relacionada con que estos felinos de procedencia incierta están siendo contagiados de madres de característica feral (Fernandes 2016; Sobrinho *et al.* 2011), el presente estudio coincide con otros autores, quienes encuentran una alta prevalencia en animales juveniles, menores de 5 años (Massey-Malagón *et al.* 2019; Molina 2020; Ortega *et al.* 2020; Tique *et al.* 2009). Esto puede ser debido a que la forma de transmisión del ViLeF, antes de la monta en animales jóvenes, es la transmisión de las madres seropositivas a sus crías durante la gestación, principalmente por placentaria (Polani *et al.* 2010; Wise *et al.* 2005; White *et al.* 2011). La presencia de gatas positivas para ViLeF que entran en gestación es una de las causas más frecuente de leucemia (Crawford y Levy 2007; Hartmann 2008; Willis 2000). Esta puede ser la explicación a cómo crías de menos de 1 año (2-10 meses de edad) fueron positivos para ViLeF (Chhetri *et al.* 2015; Fernandes 2016; Lucas y Lallo 2013).

Con respecto a la raza, se podría indicar que la mestiza presenta seropositividad para ViLeF más a menudo, pero solamente en la zona del estudio. Esto se explica debido a que es la raza más común, no porque exista una susceptibilidad racial. Cabe notar que este es el tipo de felino más abundante en países latinoamericanos como Colombia y, por ello, este hallazgo es consecuente con otras descripciones para Colombia y Latinoamérica, en las que el mestizo es el felino que presenta mayor infección de ViLeF (Massey-Malagón *et al.* 2019; Molina 2019; 2020; Ortega *et al.* 2020; Tique *et al.* 2009).

En Colombia existen vacunas aprobadas para el control de ViLeF, se trata de

vacunas de virus muerto, de subunidad proteica gp70, vacunas recombinantes vectorizadas que usan genes ENV (gp70) y GAG (p27) y vacunas recombinantes con plásmidos de unidad gp45 que se deben aplicar en animales después de las 8 semanas de vida y con revacunación a la décima o duodécima semana, según el caso, por vía subcutánea, lo que garantiza una protección del 90 % (Little *et al.* 2011). Sin embargo, en el medio ha sido desestimado su uso, por lo cual muchos felinos no reciben la vacunación, pues existen algunos conceptos sobre la posibilidad de contraer la enfermedad a través de la vacunación, mientras que los gatos en condición de vida libre o feral facilitan la transmisión de virus por saliva, durante los apareamientos o las peleas (Babyak *et al.* 1996; Willis 2000; Wise *et al.* 2005).

Conclusión

La frecuencia del ViLeF en el centro integral de bienestar animal Ceiba, de Rionegro, Antioquia (Colombia), es muy elevada, debido a que se trata de animales de vida libre y que no recibieron jamás vacunación contra leucemia felina; parece que los programas de prevención de la enfermedad son insuficientes debido al alto abandono de felinos y al desconocimiento de los protocolos de prevención de la enfermedad.

Agradecimientos

Los autores presentan agradecimientos por el apoyo a la investigación a la Alcaldía de Rionegro, Antioquia y a la compañía Boehringer Ingelheim y su servicio técnico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Fuentes de financiación

Este trabajo se llevó a cabo con el apoyo financiero de la Alcaldía de Rionegro y del centro de bienestar la Ceiba.

Referencias

- Ávila NJ, Parra OC, Barrios LT, Bello MR, Zambrano ML, González AJ. 2015. Prevalencia de leucemia viral felina, inmunodeficiencia viral felina y dirofilariosis felina en gatos refugiados en un albergue de animales en Maracaibo, Venezuela. *Rev Cient FCV-LUZ*. 25(4):285-92.
- Babyak SD, Groves MG, Dimski DS, Taboada J. 1996. Evaluation of a saliva test kit for feline leukemia virus antigen. *J Am Anim Hosp Assoc*. 32:397-400.
- Blanco K, Prendas J, Cortés R, Jiménez C, Dolz G. 2009. Seroprevalence of Viral Infections in Domestic Cats in Costa Rica. *J Vet Med Sci*. 71(5):661-663.
- Calle-Restrepo JF, González LF, Morales LM, Ruíz-Sáenz J. 2013. Feline leukemia virus: A current pathogen requiring attention in Colombia. *Vet y Zoot*. 7(72):117-138.
- Chhetri BK, Berke O, Pearl DL, Bienzle D. 2015. Comparison of risk factors for seropositivity to feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus among cats: a case study. *BMC Vet Res*. 11(30). <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0339-3>
- Crawford PC, Levy JK. 2007. Virus de la Leucemia Felina. En: Ettinger SJ, Feldman ED, editores. *Tratado de medicina interna veterinaria*. 6.ª ed., vol. 1. Madrid: Elsevier-Saunders. p. 653-659.
- Fernandes, AP. 2016. Prevalência do vírus da imunodeficiência felina (FIV) e do vírus da leucemia felina (FeLV) e fatores de risco associados à seropositividade em gatos domésticos do Distrito de Lisboa [tesis de maestría]. [Vila Real]: Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro; 2016. 82 p. <https://repositorio.utad.pt/handle/10348/5581>
- Flynn JN, Dunham SP, Watson V, Jarret O. 2002. Longitudinal analysis of feline leukemia virus-specific cytotoxic T lymphocytes: correlation with recovery from infection. *J Virol*. 76:2306-2315.
- Greene, CE. 2012. *Infectious Diseases of the Dog and Cat*. 4.ª ed. St. Louis: Saunders-Elsevier. 1355 p.
- Hartmann, K. 2008. Infección por virus de leucemia felina. En: Greene CE, editor. *Infectious Diseases of the Dog and Cat*. 4.ª ed. St Louis: Saunders-Elsevier. p 116-145.
- Lacerda LC, Silva AN, Freitas JS, Cruz RDS, Said RA, Unhoz AD. 2017. Feline immunodeficiency virus and feline leukemia virus: frequency and associated factors in cats in northeastern Brazil. *Genet Mol Res*. 16(2):1-8.
- Little S, Bienzle D, Carioto L, Chisholm H, O'Brien E, Scherk M. 2011. Feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus in Canada: Recommendations for testing and management. *Can Vet J*. 52:849-855.
- Lucas R, Lallo M. 2013. Epidemiologia da imunodeficiência viral, leucemia viral e peritonite infecciosa em felinos procedentes de um hospital veterinário. *Rev Acad Ciênc Agrár Amb*. 11(1):161-168.
- Massey-Malagón DY, Cuervo Saavedra SR, Lagos López MI. 2019. Incidence of immunodeficiency and leukemia viruses in *Felis catus* in the Veterinary Clinic Gatos Tunja-Boyacá. *Ciencia en desarrollo*. 10(1): 9-17.
- Molina VM. 2013. Linfoma Mediastínico por Leucemia Viral Felina. *Journal of Agriculture and Animal Science*. 2(1):80-86.
- Molina VM. 2019. Frequency of Feline Leukemia virus (FeLV) in Southern Aburrá Valley, Colombia (2013-2018). *J Dairy Vet Anim Res*. 8(2):78-81.
- Molina VM. 2020. Prevalence of the Feline Leukemia Virus (FeLV) in Southern Valle de Aburrá, Colombia. *Rev Med Vet*. 4(1):9-17.
- Ortega C, Valencia AC, Duque-Valencia J, Ruiz-Saenz J. 2020. Prevalence and Genomic Diversity of Feline Leukemia Virus in Privately Owned and Shelter Cats in Aburrá Valley, Colombia. *Viruses*. 12:464-477.
- Polani S, Roca AL, Rosensteel B, Kolokotronis SO, Bar-Gal GK. 2010. Evolutionary dynamics of endogenous feline leukemia virus proliferation among species of the domestic cat lineage. *Virol*. 405(2):397-407. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2010.06.010>

- Ramírez GP, Henao HS. 2009. Seroprevalencia del complejo VIF-ViLeF en el centro de bienestar animal La Perla, del municipio de Medellín. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 22(3):416-29.
- Sobrinho LSV, Vides JP, Braga E, Gomes AMD, Rossi CN, Marcondes M. 2011. Sorofreqüência de infecção pelo vírus da imunodeficiência felina e vírus da leucemia felina em gatos do Município de Araçatuba, São Paulo. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 48(5):378-83. <https://doi.org/10.11606/S1413-95962011000500004>
- Quackenbush SL, Dean GA, Mullins JI, Hoover EA. 1996. Analysis of FeLV-FAIDS provirus burden and productive infection in lymphocyte subsets in vivo. *Virology.* 223:1-9.
- Tique V, Sánchez A, Álvarez L, Ríos, Mattar S. 2009. Seroprevalencia del virus de leucemia e inmunodeficiencia felina en gatos de Montería, Córdoba. *Rev Med Vet Zoot.* 56(2):85-94. <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz>
- White JA, Stickney T, Norris, JM. 2011. Feline immunodeficiency virus: disease association versus causation in domestic and nondomestic felids. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 41(6):1197-1208.
- Willis AM. 2000. Feline leukemia virus and feline immunodeficiency virus. *Vet Clin North Am. Small Anim Pract.* 30(5):971-86.
- Wise DJ, Carter GR, Flores EF. 2005. Retroviridae. En: Wise DJ, Carter GR, Flores EF, editores. A concise review of veterinary virology. Ithaca, NY: International Veterinary Information Service. p. 970-998.

Forma de citación del artículo:

Molina VM, Orjuela M. 2022. Frecuencia de la leucemia felina (ViLeF) en un refugio municipal de Rionegro, Colombia durante 2020. *Rev Med Vet Zoot.* 69(1): 11-18. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101522>

Prevalencia de *Fasciola hepatica* y Paramphistomidae en bovinos de doble propósito en una hacienda del trópico bajo andino colombiano

M. I. Arroyo^{1*}, L. Gómez², C. Hernández², D. Agudelo³,
A. L. Galván-Díaz⁴, L. E Velásquez⁴

Recibido: 06 de mayo de 2021. Aprobado: 28 de julio de 2021

RESUMEN

En muchos países la fasciolosis y la paramfistomosis representan un grave problema para la salud del sector pecuario. En Colombia hay registros de ambas distomatosis en bovinos, la mayoría en el trópico alto andino, las cuales generan pérdidas económicas anuales cercanas a 40 000 000 000 COP. El objetivo de esta investigación fue determinar la prevalencia de fasciolosis y paramfistomosis en vacunos de la hacienda La Candelaria, Cauca (Colombia), y la presencia de caracoles hospederos intermediarios. Para cumplirlo, se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con muestreo no probabilístico por conveniencia. Se recolectaron heces de los animales y se hizo el diagnóstico mediante la técnica modificada de Dennis. Se establecieron las prevalencias de los digeneos de acuerdo con el sexo, peso, edad y raza. Se recolectaron caracoles dulciacuícolas en la zona estudiada y se identificaron por morfología. Se analizaron 466 muestras fecales de 178 bovinos, de las razas Cebú (*Bos indicus*), BON (blanco orejinegro) y del cruce entre ellas. Se diagnosticaron *F. hepatica* y Paramphistomidae con prevalencias del 2,2% y 30,9%, respectivamente. En el 1,1% de los vacunos se diagnosticó coinfección. Ambas trematodosis prevalecieron en las hembras ($p = 0,03$). Se identificaron moluscos dulciacuícolas Ampullariidae, Physidae y Planorbidae sin estadios larvarios de digeneos. Se concluyó que los bovinos de doble propósito de la hacienda La Candelaria están expuestos a *F. hepatica* y Paramphistomidae, y, probablemente, se infectan en los predios de la hacienda. Paramphistomidae es más prevalente que *F. hepatica*, lo cual concuerda con lo descrito en algunos estudios realizados en hatos del trópico alto andino colombiano. Paramphistomidae se encontró en todos los grupos etarios.

Palabras clave: *Fasciola hepatica*, Paramphistomidae, moluscos de agua dulce, bovinos.

¹ Coordinación de investigación, seccional Bajo Cauca, Universidad de Antioquia. Calle 28 n.º 201, Cauca, Colombia. maisarroyo@gmail.com.

² Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, seccional Bajo Cauca, Universidad de Antioquia. Calle. 28 n.º 201, Cauca, Colombia.

³ Universidad de Antioquia, sede de Investigación Universitaria. Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental (Gaia). Calle 62 n.º 52-59, Medellín, Colombia.

⁴ Universidad de Antioquia, Escuela de Microbiología, Grupo de investigación Microbiología Ambiental. Calle 67 n.º 53-108. Medellín, Colombia.

Prevalence of *Fasciola hepatica* and Paramphistomidae in dual purpose cattle in a farm in the Colombian low Andean tropic

ABSTRACT

Fasciolosis and paramphistomosis are a major health problem for the livestock economy worldwide. In Colombia, both distomatosis are reported in cattle, particularly in high Andean tropics, with annual economic losses close to COP 40 billion. The goal of this study was to determine the prevalence of fasciolosis and paramphistomosis in cattle from La Candelaria farm, Cauca (Colombia), and the presence of intermediate host snails. A descriptive cross-sectional study was carried out with non-probability convenience sampling. Stool samples were collected from the animals and the diagnosis was made using the modified Dennis technique. Digenea prevalence were determined according to sex, weight, age, and race. Freshwater snails were collected in the studied area and were identified by morphology. 400 and 66 fecal samples from 178 bovines of the Zebu (*Bos indicus*), BON (white-eared white) breeds and the cross between them were analyzed. *Fasciola hepatica* and Paramphistomidae were diagnosed with a prevalence of 2,2% and 30,9%, respectively. Coinfection was diagnosed in 1,1% of the cattle. Both trematodoses were most frequent in females ($p = 0,03$). Freshwater molluscs Ampullariidae, Physidae and Planorbidae without digenea larval stages were identified. It was concluded that dual-purpose cattle from La Candelaria farm are exposed to *F. hepatica* and Paramphistomidae and are probably infected on the farm grounds. Paramphistomidae was more prevalent than *F. hepatica*, which agrees with other studies in herds from the Colombian high Andean tropics. Paramphistomidae was found in all age groups.

Keywords: *Fasciola hepatica*, Paramphistomidae, freshwater snail, cattle.

Introducción

En los bovinos las fasciolosis y paramphistomosis son enfermedades del tracto digestivo causadas por digeneos de las familias Fasciolidae y Paramphistomidae. Estos patógenos tienen un ciclo de vida indirecto, con caracoles dulciacuícolas de la familia Lymnaeidae como hospederos intermediarios y diversos vertebrados como hospederos definitivos (Bedoya *et al.* 2012; Piña 2013). Estos son parásitos con áreas endémicas en todos los continentes (Castillo *et al.* 2011; Moazeni y Ahmadi 2016). La fasciolosis es, generalmente, causada por *Fasciola hepatica*, en tanto que la paramphistomosis es ocasionada, principalmente, por especies de los géneros

Paramphistomum y *Cotylophoron* (Castillo *et al.* 2011).

En el caso de *F. hepatica*, la acción patógena sobre los bovinos se relaciona con su fase de desarrollo en el hígado y el tracto biliar, donde se localizan las formas juveniles y adultas (Morales y Pino 2004). Las formas juveniles histiófagas migran por el parénquima hepático, donde sus acciones traumáticas aumentan la enzima glutamatodeshidrogenasa, liberada por la destrucción de los hepatocitos. Las formas adultas migran a los canalículos biliares, ocasionando irritación y alteración del metabolismo del hierro (Morales y Pino 2004). La presencia del parásito en los canalículos biliares y las lesiones

provocan un aumento sérico de la enzima glutamiltranspectidasa. En consecuencia, los bovinos parasitados pueden presentar anemia, desnutrición, pérdida de peso, diarrea, anorexia, reducción en la producción de leche y carne, y el decomiso de los hígados infectados (Bedoya *et al.* 2012). Desde el punto de vista reproductivo, *F. hepatica* reduce la fertilidad y la eficiencia, lo que causa detrimento en la economía pecuaria (Morales y Pino 2004; Radfar *et al.* 2015; Palacio Collado *et al.* 2020).

Por su parte, los géneros de Paramphistomidae pueden afectar 2 regiones del tracto digestivo del animal. La mayor patogenicidad es provocada por las masas de larvas inmaduras que se fijan en la pared intestinal. La mucosa se inflama y en el lugar de fijación puede haber destrucción de la pared, así como de glándulas y nódulos linfáticos adyacentes (Morales y Pino 2004), causando petequias, erosiones, necrosis, hemorragia e infecciones bacterianas concomitantes (Castillo *et al.* 2011). Además, su presencia conlleva la pérdida de peso, diarrea, debilidad, anemia, hipoproteinemia, emaciación e incluso la muerte. Los bovinos jóvenes son más proclives a verse afectados por la infección (Morales y Pino 2004). Por su parte, los trematodos adultos se fijan a la mucosa del rumen donde pueden ocasionar inflamación y atonía ruminal, pero el daño no suele ser grave (Morales y Pino 2004; Castillo *et al.* 2011).

En Colombia ambas distomatosis afectan especialmente a los bovinos ubicados en diversas regiones del trópico alto andino (Valencia-López *et al.* 2012). La prevalencia de *F. hepatica* en los hatos ha sido reportada con valores de 15,5%, en el departamento de Cundinamarca (J.C Giraldo *et al.* 2016); 19,1%, en el departamento de Caldas (E. Giraldo *et al.* 2016); y más de 30% en algunos municipios del

departamento de Antioquia dedicados a la producción lechera, como la Ceja y Jardín (Alarcón y Velásquez 2009; Valencia-López *et al.* 2012). En el departamento de Sucre (costa Caribe colombiana) se registran prevalencias hasta de 16,2% (Sánchez *et al.* 2019).

En cuanto a Paramphistomidae, se ha reportado su presencia en los departamentos del Meta y Guaviare, asociada a infecciones por *Cotylophoron panamensis* en ganado de producción de carne (López y Velásquez 2012), y en Antioquia (Alarcón y Velásquez 2009), con una prevalencia del 100% en un hato lechero de ganado Holstein (López *et al.* 2008) y de 47,6% en hatos de doble propósito (Bedoya *et al.* 2012). Estas 2 últimas publicaciones señalan coinfección con *F. hepatica*.

Para la subregión del Bajo Cauca de Antioquia no hay registros disponibles sobre estas distomatosis en bovinos, lo cual resulta extraño, considerando que la producción pecuaria ocupa el segundo lugar en la economía local (Cámara de Comercio 2019). Allí se encuentra una sede de la Universidad de Antioquia, entidad estatal que cuenta con la hacienda La Candelaria y es propietaria de un hato ganadero dedicado a la investigación y reproducción. A estos bovinos no se les han realizado estudios sobre digéneos; por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la prevalencia de ese grupo de parásitos en dicho hato y establecer la presencia de caracoles hospederos intermediarios en el predio.

Materiales y métodos

Sitio de muestreo

El estudio se realizó entre noviembre de 2018 y enero de 2020 en la hacienda La Candelaria de la Universidad de

Antioquia, ubicada en el municipio de Caucasia, Antioquia (Colombia), a 8°43'37,90" de latitud norte y 75°10'54,92" de longitud oeste, a 150 m s. n. m. La temperatura ambiente de la región oscila entre los 27°C y 32°C, presenta una humedad relativa de 84% y una precipitación promedio anual de 2992 mm (estación meteorología Rain-wise Inc® de la hacienda La Candelaria). La zona de estudio está categorizada como bosque húmedo Tropical (Bh-T) (Holdridge y Grenke 1971) del trópico bajo andino colombiano, con periodos bimodales de lluvia y sequía al año.

Aspectos éticos

El protocolo de la investigación cumplió con los lineamientos establecidos por el Comité de Ética para Experimentación con Animales de la Universidad de Antioquia, según consta en el acta n.º 115 del 6 de febrero de 2018.

Comité de ética

La hacienda se visitó en 3 ocasiones cada 3 meses, para recolectar materia fecal bovina y moluscos dulciacuólicas. Los muestreos de materia fecal se realizaron en el embudo de separación del potrero al que los animales son llevados para la revisión médica veterinaria de rutina, y los moluscos se buscaron en ecosistemas acuáticos naturales y artificiales. Además, se determinaron los valores de altitud, latitud y longitud de cada sitio de muestreo por medio de un sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) Garmin® eTrex. Con el personal veterinario de la hacienda, se obtuvo información referente al uso de medicamentos, prácticas de manejo, adquisición y comercialización de los animales.

Cálculo de la muestra

La población de estudio estuvo conformada por bovinos en pastoreo. Para el cálculo de la muestra se consideró la representatividad de la muestra a través del tamaño (ecuación 1) y la selección de las unidades de análisis. Para calcular n se tuvieron en cuenta los siguientes valores: la población total de bovinos en pastoreo de la hacienda ($N=180$), el valor teórico de prevalencia (para Paramphistomidae de 0,476 y para *F. hepatica* de 0,131 [Bedoya *et al.* 2012]), un error de muestreo de 5% y un nivel de confianza de 95%. Se determinó un tamaño máximo de 123 individuos.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{(N-1) \times e^2 + Z^2 \times p \times q} \text{ (ecuación 1)}$$

Donde:

n : tamaño de la muestra.

N : tamaño de la población.

Z : nivel de confianza del 95% ($Z=1,96$).

p : prevalencia.

q : no prevalencia.

e : error muestral.

Recolección de materia fecal bovina

Se realizaron muestreos en noviembre de 2018, y febrero y mayo de 2019. Un médico veterinario obtuvo las muestras de materia fecal del recto del animal, mientras este se encontraba en el embudo de separación del corral. Cada muestra se depositó en un recipiente de plástico con tapa rosca, rotulado con el código asignado al animal, la raza, la edad y la fecha de recolección. Todos los recipientes se depositaron en una nevera con aislante térmico. Luego, en el laboratorio se mantuvieron refrigerados (4°C) hasta su procesamiento. Durante los procedimientos se usaron guantes, bata y tapabocas.

Técnicas de laboratorio

Diagnóstico parasitológico

Las muestras de materia fecal se procesaron mediante la técnica modificada de Dennis, como lo indica el protocolo de Correa *et al.* (2016). Los sedimentos se depositaron en un recipiente con formol al 5% y se almacenaron a 4°C hasta su análisis. Cada sedimento se observó en su totalidad en un estereomicroscopio (Nikon® SMZ 445) a un aumento de 5 X. El diagnóstico parasitológico se realizó según las características morfológicas de los huevos de *F. hepatica* y de los paramfistómidos: color, forma y presencia de opérculo (Bedoya *et al.* 2012). El resultado se determinó como positivo o negativo bajo el criterio de presencia o ausencia de huevos.

Recolección e identificación de caracoles dulciacuícolas

En 6 ecosistemas acuáticos de la hacienda, 2 personas recolectaron moluscos durante media hora usando coladores con ojo de malla de 2 mm. En cada sitio se hicieron 4 muestreos, se midieron las coordenadas y se tomaron registros fotográficos. Los caracoles obtenidos se conservaron en alcohol al 70%. Los ejemplares se identificaron con base en las características morfológicas de las conchas y de las partes blandas externas (Olivier y Schneiderman 1956; López *et al.* 2008).

Análisis estadístico

Para cada morfoespecie de digeneo diagnosticado en los bovinos se calcularon la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa. Además, se estimó la prevalencia por parásito en cada muestreo. Estos valores se asociaron con las siguientes variables epidemiológicas: raza, edad, sexo y peso de los bovinos. La edad de los bovinos se obtuvo en meses y se distribuyó en 4

categorías: cría (0 a 9), levante (10 a 21), novilla (22 a 48) y adulta (> 48).

Se realizó el análisis de correlación de Spearman para determinar la asociación entre la presencia de digeneos y las variables epidemiológicas de raza, edad, sexo y peso de los bovinos. Para establecer las diferencias estadísticamente significativas entre las prevalencias y las variables epidemiológicas, se usó el análisis de varianza no paramétrico Kruskal Wallis, en el programa Statgraphics® versión XVI centurión.

Resultados

Presencia de digeneos

En el estudio se incluyeron 178 bovinos, de los cuales 2 pertenecían a la raza BON, 37 a la raza Cebú y 137 al cruce entre ellas. En todos los muestreos hubo mayor número de animales adultos, predominaron las hembras y los ejemplares con más de 400 kg de peso (tabla 1). Cabe anotar que, aunque el total de animales del hato correspondía a N=180, se obtuvo materia fecal de 123 ejemplares durante todos los muestreos, de 39 animales en 2 muestreos y de 16 bovinos en una sola muestra. Con respecto a la procedencia de los bovinos de La Candelaria, el 99 % nació en el predio y el 1% corresponde a machos reproductores puros de la raza criolla BON que provienen de una hacienda de la Universidad de Antioquia ubicada en otra región del departamento.

Se realizó análisis parasitológico a 466 muestras de materia fecal provenientes de 178 bovinos. En las heces de 4 ejemplares se observaron huevos de 122 µm de largo y 49 µm de ancho, ovoides, operculados, de color amarillo característicos de *F. hepatica* (figura 1A). En 55 muestras se encontraron huevos compatibles con los Paramphistomidae, con un tamaño de 147 µm de largo y 73 µm de ancho, ovoides, operculados y

de coloración gris plata (figura 1B). En las heces de 2 bovinos se observaron huevos de ambos digeneos. En 121 ejemplares no se observaron huevos de trematodos.

En la población evaluada, se observó una menor prevalencia de *F. hepatica* (2,2%) comparada con la obtenida para Paramphistomidae (30,9%). La prevalencia de coinfección por estos digeneos fue de 1,1% (tabla 2). No hubo asociación estadísticamente significativa entre la prevalencia de *F. hepatica* y de Paramphistomidae con la edad ($p > 0,05$). Sin embargo, en el grupo etario adultos se presentó el mayor número de infectados (tablas 3 y 4). La prevalencia de cada parásito fue mayor en las hembras, lo cual fue estadísticamente significativo ($p = 0,03$) (tablas 3 y 4). Todos

los ejemplares infectados con *F. hepatica* ($n = 4$) fueron hembras, 1 Cebú y 3 del cruce Cebú/BON (tabla 3). En el hato no hubo hembras puras de la raza criolla BON. Se hallaron huevos de Paramphistomidae en todos los muestreos y en bovinos de las 3 razas estudiadas: Cebú, BON y cruzados. Entre ellos los bovinos cruzados presentaron mayor prevalencia 15,7%, 4,3% y 18,4% en los muestreos 1, 2 y 3, respectivamente (tabla 4). Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las razas y la prevalencia de esta infección ($p > 0,05$). Tampoco se obtuvieron asociaciones estadísticamente significativas entre la prevalencia de *F. hepatica* o Paramphistomidae con el peso de los bovinos ($p > 0,05$) (tablas 3 y 4).

TABLA 1. Variables analizadas en los bovinos, categorías y valores obtenidos en los muestreos

Variables	Categorías	Muestreo		
		1	2	3
Raza	Cebú	37	33	35
	BON	2	2	2
	Cebú x BON	126	125	104
Edad (meses)	Cría	47	26	0
	Levante	24	38	31
	Novilla	15	18	26
	Adulta	79	78	84
Sexo	Macho	31	29	10
	Hembra	134	131	131
Peso (kg)	0-99	13	4	0
	100-199	49	49	30
	200-299	12	20	21
	300-399	31	22	24
	400-499	53	58	60
	> 500	7	7	6
n		165	160	141

n: tamaño de la muestra.

Fuente: elaboración propia.



FIGURA 1. A. Huevo de *Fasciola hepatica*. B. Huevo de Paramphistomidae. Barra: 50 µm
Fuente: fotografías tomadas en el laboratorio de la Universidad de Antioquia, seccional Bajo Cauca.

TABLA 2. Prevalencia de *F. hepatica* y Paramphistomidae en la Hacienda La Candelaria (Caucasia, Antioquia)

Diagnóstico parasitológico	Frecuencia absoluta	Prevalencia
<i>F. hepatica</i>	4	2,2
Paramphistomidae	55	30,9
Ambos digeneos	2	1,1
Negativo	121	67,98
Total	178	100

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3. Prevalencia de *Fasciola hepatica* según edad, sexo y raza de los bovinos

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Valor p
Edad				
Cría	0	0	0	< 0,05
Levante	0	0	0	
Novilla	0	0	0	
Toro y vaca	1,2	0,6	0,7	
Sexo				
Macho	0	0	0	0,03
Hembra	1,2	0,6	0,7	
Raza				
CCO	0,6	0	0	< 0,05
BON	0	0	0	
CCO×BON	0,6	0,6	0,7	
Peso (kg)				
0-99	0	0	0	< 0,05
100-199	0	0	0	
200-299	0	0	0	
300-399	0	0,6	0,7	
400-499	1,2	0	0	
500-599	0	0	0	
600-699	0	0	0	

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Prevalencia de Paramphistomidae según edad, sexo, raza, y peso de los bovinos

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Valor p
Edad				
Cría	0,6	0,6	0	< 0,05
Levante	1,2	1,2	2,1	
Novilla	3,6	0	2,8	
Toro y vaca	15,1	5,6	20,6	
Sexo				
Macho	1,2	2,5	2,1	0,03
Hembra	19,4	5	23,4	
Raza				
CCO	3,6	1,9	5,7	< 0,05
BON	1,2	0,6	1,4	
CCO×BON	15,7	4,3	18,4	
Peso (kg)				
0-99	0	0,6	0	< 0,05
100-199	0,6	0,6	3,5	
200-299	2,4	0,6	0,7	
300-399	4,8	1,3	4,3	
400-499	10,3	2,5	14,9	
500-599	1,8	1,3	2,1	
600-699	0,6	0	0	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los administradores del hatu todos los animales pastorean en los potreros de La Candelaria. Se constató que los bovinos no disponen de agua potable para el consumo y las fuentes de abastecimiento son bebederos artificiales que surten con agua de pozos. Los animales

también ingieren agua de las quebradas, encharcamientos y acequias. En relación con los medicamentos, solo se suministra a los terneros en el momento del destete un tratamiento contra nematodos gastrointestinales, pulmonares y cestodos, además de las vacunas reglamentarias.

Moluscos dulciacuícolas

Las coordenadas de los ecosistemas acuáticos en los que se hizo el muestreo de caracoles dulciacuícolas se presentan en la tabla 5. En el sitio 1 se obtuvieron moluscos durante 2 de las 3 visitas y en el sitio 4 se recolectaron caracoles en una sola ocasión. El sitio 1 es un ecosistema lótico permanente llamado quebrada San Miguel. En este se obtuvieron 3 caracoles: 2 ejemplares se asignaron a la familia

Physidae y se identificaron como *Physa* cf. *marmorata* (Paraense 1986) (figura 2A) y 1 ejemplar de la familia Ampullariidae del género *Pomacea* (Rawlings *et al.* 2007) (figura 2D). El sitio 4 es un encharcamiento permanente, en el que se recolectaron 13 caracoles asignados a la familia Planorbidae y a los géneros *Drepanotrema* (figura 2B) y *Biomphalaria* (Paraense 1979) (figura 2C). En ninguno de los moluscos se observaron formas larvianas de digeneos.

TABLA 5. Coordenadas de los sitios en los que se realizaron muestreos de los caracoles dulciacuícolas en la hacienda La Candelaria (Caucasia, Antioquia)

Sitio de muestreo	Coordenada	Número de muestreos	Muestreos positivos
1	8°04,686' norte y 075°10,773' oeste	3	2(+)
2	8°04,36' norte y 075°10,54' oeste	3	
3	8°04,36' norte y 075°10,52' oeste	3	
4	8°04,566' norte y 075°10,913' oeste	3	1(+)
5	8°04,40' norte y 075°10,49' oeste	3	
6	8°04,40' norte y 075°10,49' oeste	3	
7	8°04,31' norte y 075°11,03' oeste	3	
8	8°04,37' norte y 075°10,57' oeste	3	

Fuente: elaboración propia.

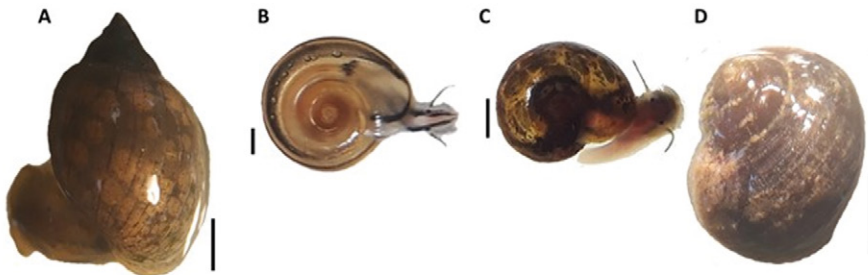


FIGURA 2. Moluscos recolectados en la hacienda La Candelaria. A. *Physa* cf. *marmorata*. Barra 2 mm. B. *Drepanotrema* sp. Barra 1 mm. C. *Biomphalaria* sp. Barra 5 mm. D. *Pomacea* sp. Barra 10 mm. Fuente: fotografías tomadas en el laboratorio de la Universidad de Antioquia, seccional Bajo Cauca.

Discusión

Este estudio registra por primera vez la presencia de *F. hepatica* y de Paramphistomidae en el hato con bovinos de doble propósito que tiene la hacienda La Candelaria de la Universidad de Antioquia en Cauca, Antioquia. La mayor prevalencia en Paramphistomidae (30,9%) y la menor en *F. hepatica* (2,2%), obtenidas durante este estudio, coinciden con los registros para hatos de doble propósito en una vereda de Gómez Plata (Antioquia), a una altitud de 1080 m s. n. m., donde la prevalencia de Paramphistomidae fue de 47,6 % y la de *F. hepatica* 13,1% (Bedoya *et al.* 2012). Así mismo, en un hato lechero de ganado Holstein, ubicado a 2140 m s. n. m., también se observó una mayor prevalencia de Paramphistomidae (100%), comparada con la obtenida para *F. hepatica* (80%) (López *et al.* 2008). Por consiguiente, se requiere establecer los factores que ocasionan estas diferencias y parecen favorecer a Paramphistomidae en el trópico alto y bajo andino (López *et al.* 2008; Valencia-López *et al.* 2012).

En lo que respecta a *F. hepatica*, el digeneo se registró solo en hembras reproductoras de la raza Cebú y del cruce BON×Cebú, todas nacidas en el predio. Por su parte, Paramphistomidae se presentó en hembras y machos de todos los grupos etarios, en ejemplares nacidos en la hacienda y en algunos que nacieron fuera de ella. Lo anterior permite deducir que los bovinos estudiados adquieren en el predio las formas infectantes de ambos distomas (metacercarias).

Cabe señalar que no hubo diferencias significativas entre las prevalencias de *F. hepatica* y Paramphistomidae con la edad de los vacunos. En el caso de Paramphistomidae, otras investigaciones encontraron esta asociación significativa en bovinos

mayores de 30 meses (Ferrerías *et al.* 2014), mayores de 36 meses (Pinedo *et al.* 2010) y mayores de 72 meses (Paucar *et al.* 2010). Los autores afirman que las exposiciones repetidas al parásito no protegen contra las reinfecciones.

En esta investigación tanto *F. hepatica* como el Paramphistomidae prevalecieron en las hembras adultas. Una posible explicación es que permanecen más tiempo en la hacienda como reproductoras, a diferencia de los machos que se venden antes de cumplir 2 años. Sin embargo, algunos autores proponen que existe mayor prevalencia en hembras debido a una predisposición genética y al deterioro de la inmunidad humoral (Pinedo *et al.* 2010; Ferrerías *et al.* 2014; Titi *et al.* 2014), otros investigadores desestiman la relación entre el género del bovino y la prevalencia de Paramphistomidae (Pinedo *et al.* 2010) y de *F. hepatica* (Valderrama Pomé 2016).

El método diagnóstico utilizado en esta investigación, Dennis modificado, confirmó a través del hallazgo de huevos en las heces la presencia de digeneos adultos en los bovinos. Además, en algunos animales la prueba reveló coinfección, que puede estar favorecida por las similitudes en los ciclos biológicos de los parásitos y las condiciones de manejo de los animales. No obstante, este método, con sensibilidad de 73,2% y especificidad de 84,2% (Correa *et al.* 2016), puede dejar casos positivos sin detectar (E. Giraldo *et al.* 2016), lo que implicaría mayores valores de prevalencia en los digeneos. De otro lado, Dennis modificada posibilita continuar los estudios de tamizaje para estos y otros digeneos, en los hatos de la subregión del Bajo Cauca, ya que la sede regional de la Universidad de Antioquia cuenta con el personal capacitado, los equipos requeridos y la necesidad de

establecer el área geográfica que ocupan los focos de estas trematodosis, para diseñar un programa de manejo, adecuado a las condiciones locales.

En la realización de este estudio se identificó la importancia de implementar la aplicación de antihelmínticos contra los digeneos encontrados en los bovinos, pues, como se mencionó, se evidenció infección patente. Por lo tanto, se sugiere suministrar tratamientos específicos contra *F. hepatica* y la especie de Paramphistomidae, diseñando un esquema terapéutico, que alterne el uso de moléculas (Kelley *et al.* 2016; Romero *et al.* 2019; Sánchez *et al.* 2019), para impedir el fenómeno de resistencia a los medicamentos, tan denunciado en todos los continentes (Ortiz *et al.* 2013; Novobilský y Höglund 2015). También es conveniente enfatizar en la importancia de identificar la especie de Paramphistomidae, que afecta al hato investigado, para diseñar un programa de manejo apropiado contra ese agente etiológico.

Otro aspecto por estudiar en la zona evaluada es la identificación de los hospederos intermediarios de ambos digeneos, pues en este estudio no se identificaron formas intramolusco. Sin embargo, el hallazgo de diversas especies de caracoles en los ecosistemas acuáticos de La Candelaria indica la aptitud de esos hábitats para albergar a los moluscos hospedadores. Se sugiere realizar la búsqueda de los caracoles en los ecosistemas acuáticos aledaños a la hacienda para determinar el área de los focos de infección.

En La Candelaria falta establecer la asociación entre las variables ambientales y la dinámica de infección de los digeneos, como lo señala un estudio realizado en Colombia, el cual revela que la transmisión de *F. hepatica* aumenta durante los periodos de mayor precipitación (julio-

febrero) (Valencia-López *et al.* 2012). Estos resultados concuerdan con investigaciones sobre paramfistomosis en zonas húmedas de México (González-Garduño *et al.* 2019) Uruguay (Sanchís *et al.* 2013), la Amazonia peruana (Rosa Pinedo *et al.* 2010) y en países del trópico y subtrópico de África (Titi *et al.* 2014), donde se encontraron mayores prevalencias de Paramphistomidae en la época de lluvias. Además, con relación a las variables ambientales y la paramfistomosis bovina en Colombia, un estudio encontró una asociación estadísticamente significativa con el encharcamiento permanente y las acequias en los potreros. También determinó que los predios con encharcamiento permanente en los potreros tienen el doble de riesgo de que sus bovinos se infecten con paramfistómidos (Bedoya *et al.* 2012). Por lo anterior, se sugiere establecer la relación de las variables ecológicas y climáticas de la zona y su influencia en ambas infecciones.

Conclusiones

Esta investigación visibilizó un problema de salud bovina en la región del Bajo Cauca ocasionado por parásitos digeneos que es importante resolver. Los bovinos de la hacienda La Candelaria están expuestos a la infección con *F. hepatica* y Paramphistomidae. Este último es el más prevalente y se reporta en animales de todas las categorías de edad. En este estudio se sugiere suministrar medicamentos contra los digeneos hallados. Se señala también la necesidad de que se identifique la especie de Paramphistomidae y los moluscos hospederos intermediarios de los digeneos. La sede de la Universidad de Antioquia en Cauca ahora dispone del personal capacitado y los equipos requeridos para trabajar con estas distomatosis y apoyar el desarrollo del sector pecuario en esa

región. Finalmente, se sugiere suministrar medicamentos contra los digeneos hallados a los bovinos que se comercialicen para prevenir la dispersión de estos distomas.

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud al director de la seccional Bajo Cauca de la Universidad de Antioquia, el profesor M. Sc. Edgar Correa, por su apoyo a la investigación; a los zootecnistas Mágela Herrera, Nicolás Arias y Fabio Serna, administradores de la hacienda La Candelaria de la Universidad de Antioquia; al MV Brahian Tuberquia; y al personal de la hacienda, por su colaboración en el trabajo de campo.

Conflicto de interés

Los autores de esta publicación declaran no tener conflicto de intereses.

Financiación

Este proyecto fue financiado por el Codi, Universidad de Antioquia, Convocatoria de proyectos de investigación, Regionalización 2017, código 2017-17152.

Referencias

Alarcón E, Velásquez L. 2009. Descripción morfológica de *Cotylophoron cotylophorum* (Digenea: Paramphistomidae) hallado en bovinos de Rionegro, Antioquia, Colombia. *Rev Colomb Ciencias Pecu.* 22(2):168-177. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295023524006>.

Bedoya J, Hurtado Y, Pérez J, Solano S, Úsuga VM, Vanegas M, Gómez C, López JL, Velásquez LE. 2012. Primer registro de focos de fasciolosis y paramphistomosis en bovinos doble propósito, Gómez Plata, Antioquia, Colombia. *Hechos Microbiológicos.* 3(1):31-39.

Cámara de Comercio de M. 2019. Perfil socioeconómico de la subregión del Bajo Cauca. Medellín. [consultado 2020, abril 20]. Disponible en: [\[ductivas-regionales/18-3PerfilBajoCauca_Oct14.pdf?ver=2019-03-01-095034-590\]\(https://www.camaramedellin.com.co/Portals/0/Biblioteca/Estudios-economicos/cadenas-pro-ductivas-regionales/18-3PerfilBajoCauca_Oct14.pdf?ver=2019-03-01-095034-590\).

Castillo M, Urbina A, Caamaño J, Hernández J. 2011. Incidence of *Cotylophoron* in four cattle farms located in Presidente Páez Parish, Alberto Adriani Municipality, Southern Maracaibo Lake. *Agric Andin.* 19:7-16. \[https://www.researchgate.net/profile/Janeth-Caamano/publication/325006424_Incidencia_de_Cotylophoron_en_cuatro_fincas_de_la_parroquia_Presidente_Paez_municipio_Alberto_Adriani_Sur_del_Lago_de_Maracaibo/links/5af0fe1caca272bf425574a1/Incidencia-de-Cotyloph\]\(https://www.researchgate.net/profile/Janeth-Caamano/publication/325006424_Incidencia_de_Cotylophoron_en_cuatro_fincas_de_la_parroquia_Presidente_Paez_municipio_Alberto_Adriani_Sur_del_Lago_de_Maracaibo/links/5af0fe1caca272bf425574a1/Incidencia-de-Cotyloph\).

Correa S, Yudy M, López J, Velásquez L. 2016. Evaluación de la técnica modificada de Dennis para el diagnóstico de fasciolosis bovina. *Biomedica.* 36\(1\):64-68. DOI:10.7705/biomedica.v36i2.2875.

Ferreras MC, González-Lanza C, Pérez V, Fuertes M, Benavides J, Mezo M, González-Warleta M, Giráldez J, Martínez-Ibeas AM, Delgado L, et al. 2014. *Calicophoron daubneyi* \(Paramphistomidae\) in slaughtered cattle in Castilla y León \(Spain\). *Vet Parasitol.* 199\(3-4\):268-271. DOI:10.1016/j.vetpar.2013.10.019.

Giraldo E, Pérez J, Aguilar S, Linares S. 2016. Prevalencia de fasciolosis bovina en una zona de Caldas Colombia con evidencias de la enfermedad. *Rev UDCA Actual Divulg Científica.* 19\(1\):139-148. DOI:10.31910/rudca.v19.n1.2016.119.

Giraldo JC, Díaz A, Pulido M. 2016. Prevalence of *Fasciola hepatica* in cattle in the slaughterhouse of the municipality of Une, Cundinamarca, Colombia. *Rev Investig Vet del Perú.* 27\(4\):751-757. DOI:10.15381/rivep.v27i4.12572.

Holdridge L, Grenke W. 1971. Forest environments in tropical life zones: a pilot study. Pergamon Press \[Consultado 2020, feb. 20\]. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19716605728>.

Kelley J, Elliott T, Beddoe T, Anderson G, Skuce P, Spithill T. 2016. Current Threat of Triclabendazole Resistance in *Fasciola hepatica*. *Trends Parasitol.* 32\(6\):458-469. DOI:10.1016/j.pt.2016.03.002.

López J, Velásquez LE. 2012. *Cotylophoron panamensis* \(Digenea: Paramphistomidae\) en Bovinos del Meta y del Guaviare, Colombia. *Acta Biol*](https://www.camaramedellin.com.co/Portals/0/Biblioteca/Estudios-economicos/cadenas-pro-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- Colomb. 17(2):419-428. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2012000200015&lng=en&nrm=iso.
- López L, Romero J, Velásquez LE. 2008. Aislamiento de Paramphistomidae en vacas de leche y en el hospedador intermediario (*Lymnaea truncatula* y *Lymnaea columella*) en una granja del trópico alto en el occidente de Colombia. Rev Colomb Ciencias Pecu. 21(1):9-18. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902008000100002&lng=en&nrm=iso.
- Moazeni M, Ahmadi A. 2016. Controversial aspects of the life cycle of *Fasciola hepatica*. Exp Parasitol. 169:81-89. DOI:10.1016/j.exppara.2016.07.010.
- Morales GA, Pino L. 2004. Red de Helmintología de FAO para América Latina y el Caribe. Contribución a la Conferencia *Fasciola hepatica* y distomatosis hepática bovina en Venezuela. [Consultado 2020, abril 4] <http://cnia.inta.gov.ar/helminto>.
- Novobilský A, Höglund J. 2015. First report of closantel treatment failure against *Fasciola hepatica* in cattle. Int J Parasitol Drugs Drug Resist. 5(3):172-177. DOI:10.1016/j.ijpdr.2015.07.003.
- Olivier L, Schneiderman M. 1956. A method for estimating the density of aquatic snail populations. Exp Parasitol. 5(2). DOI:10.1016/0014-4894(56)90008-X.
- Ortiz P, Scarcella S, Cerna C, Rosales C, Cabrera M, Guzmán M, Lamenza P, Solana H. 2013. Resistance of *Fasciola hepatica* against Triclabendazole in cattle in Cajamarca (Peru): A clinical trial and an in vivo efficacy test in sheep. Vet Parasitol. 195(1-2):118-121. DOI:10.1016/j.vetpar.2013.01.001.
- Palacio Collado D, Bertot Valdés J, Beltrao Molento M, Vázquez Gil Á, Ortiz Vázquez R, Fortune Nápoles C. 2020. Pérdidas económicas y prevalencia de *Fasciola hepatica* en bovinos sacrificados en dos provincias cubanas. Rev MVZ Cordoba. 25:1-6. DOI:10.21897/RMVZ.1610.
- Paraense WL. 1979. Fauna planorbídica do Brasil. Edgar Blucher, Editora Universidade de São Paulo S, Paulo, editores. Em C. S. Lacaz CS, Baruzzi GR, Siqueira Jr. W. [Consultado 2019, ago. 27]. https://scholar.google.com/scholar?hl=es&cas_sdt=0%2C5&q=Lobato+Paraense+W+fauna+planorbídica+do+brasil&btnG=.
- Paraense WL. 1986. *Physa Marmorata* Guilding, 1828 (Pulmonata: Physidae). Mem Inst Oswaldo Cruz. 81(4):459-469. DOI:10.1590/s0074-02761986000400014. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02761986000400014&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- Paucar S, Chávez A, Casas E, Suárez F. 2010. Prevalencia de fascioliasis y paramfistomiasis en el ganado lechero de Oxapampa, Pasco. Rev Investig Vet del Perú. 21(1):87-92. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172010000100013.
- Piña X. 2013. Paramphistomosis Bovina [Consulta-do 2020, abr. 24]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/431/1/TESIS.pdf>.
- Pinedo R, Chávez A, Casas E, Suárez F, Sánchez N, Huamán H. 2010. Prevalence of trematodes of the Paramphistomatidae family in cattle of Yurimaguas District, province of Alto Amazonas, Loreto. Rev Investig Vet del Peru. 21(2):161-167. [Consultado 2021, ene. 7]. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113020506>.
- Radfar MH, Nourollahi-Fard SR, Mohammadyari N. 2015. Bovine fasciolosis: prevalence, relationship between faecal egg count and worm burden and its economic impact due to liver condemnation at Rudsar abattoir, Northern Iran. J Parasit Dis. 39(3). DOI:10.1007/s12639-013-0389-z.
- Rawlings TA, Hayes KA, Cowie RH, Collins TM. 2007. The identity, distribution, and impacts of non-native apple snails in the continental United States. BMC Evol Biol. 7(1):1-14. doi:10.1186/1471-2148-7-97. [Consultado 2019, ago. 27]. <https://link.springer.com/articles/10.1186/1471-2148-7-97>.
- Romero J, Villaguala C, Quiroz F, Landaeta-Aqueveque C, Alfaro G, Pérez R. 2019. Flukicide efficacy against *Fasciola hepatica* of Triclabendazole and Nitroxylin in cattle of the central valley of Chile. Rev Bras Parasitol Vet. 28(1):164-167. DOI:10.1590/s1984-296120180089.
- Sánchez A, Tobón JC, Ortiz D CY. 2019. Manual de ganadería bovina de doble propósito. Sanitaria P de excelencia, editor. Vecol S.A.

- Titi A, Mekroud A, El Hadi Chibat M, Boucheikh-choukh M, Zein-Eddine R, Djuikwo-Teukeng FF, Vignoles P, Rondelaud D, Dreyfuss G. 2014. Ruminant paramphistomosis in cattle from north-eastern Algeria: Prevalence, parasite burdens and species identification. *Parasite*. 21:1-8. DOI:10.1051/parasite/2014041. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4184174/>
- Valderrama Pomé AA. 2016. Prevalencia de fascioliasis en animales poligástricos de Perú, 1985-2015. *Rev Med Vet (Bogota)*. 1(32):121. DOI:10.19052/mv.3861. <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv/vol1/iss32/11>.
- Valencia-López N, Malone JB, Gómez C, Velásquez L. 2012. Climate-based risk models for *Fasciola hepatica* in Colombia. *Geospat Health*. 6(2):75-85. <https://doi.org/10.4081/gh.2012.125>.

Forma de citación del artículo:

Arroyo MI, Gómez L, Hernández C, Agudelo D, Galván AL, Velásquez LE. 2022. Prevalencia de *Fasciola hepatica* y Paramphistomidae en bovinos de doble propósito en una hacienda del trópico bajo andino colombiano. *Rev Med Vet Zoot*. 69(1): 19-32. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101530>

Medición de los niveles de lactato sérico y frecuencia cardiaca en caninos (*Canis lupus familiaris*) braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos sometidos a prueba de esfuerzo en trotadora motorizada

M. A. Saldivia-Paredes¹

Recibido: 06 de septiembre de 2020. Aprobado: 12 de julio de 2021

RESUMEN

Se analizaron los niveles de lactato sérico y de frecuencia cardiaca (FC) en 15 perros clínicamente sanos que fueron sometidos a pruebas de esfuerzo en trotadora motorizada, buscando verificar un grado de fatiga muscular frente a una prueba de esfuerzo intenso. Se consideraron pacientes con morfología craneana de tipo braquicefálico, mesocefálico y dolicocefálico. Las mediciones séricas de lactato fueron conseguidas por medio de un medidor portátil, mientras que las frecuencias cardiacas se obtuvieron a través de un oxímetro portátil a los tiempos 0, 10, 20 y 30 minutos, en los diferentes momentos de esfuerzo físico en la trotadora motorizada, la cual fue adaptada en su inclinación en 15% y a un máximo de velocidad de 10 km/h. Las medias de los niveles séricos entre perros mesocefálicos y dolicocefálicos fueron significativas, a diferencia de los perros braquicefálicos los cuales resultaron no significativos. Las medias de las frecuencias cardiacas no tuvieron diferencia significativa bajo un 95% de confianza.

Palabras clave: braquicefálicos, dolicocefálicos, fatiga, frecuencia cardiaca, lactato sérico, mesocefálicos, oxímetro.

Measurement of serum lactate levels and heart rate in canines (*Canis lupus familiaris*) Brachycephalic, Mesocephalic and Dolichocephalic submitted to a stress test on a motorized treadmill

ABSTRACT

Serum lactate and heart rate (HR) levels were analyzed in 15 clinically healthy dogs that were subjected to stress tests on a motorized treadmill, seeking to verify a degree of muscle fatigue compared to an intense exercise test. Patients with brachycephalic, mesocephalic and dolichocephalic type cranial morphology were considered. Serum lactate measurements were procured by means of a portable meter, while heart rates were obtained through a portable oximeter at the times 0, 10, 20, and 30 minutes at different moments of physical effort on the motorized treadmill, which was adapted in its inclination by 15% and at a maximum speed of 10 km/h. Mean serum levels between mesocephalic and dolichocephalic dogs were significant, unlike brachycephalic dogs, which were not significant. The mean heart rates did not have a significant difference under 95% confidence.

Keywords: brachycephalic, dolichocephalic, fatigue, heart rate, serum lactate, mesocephalic, oximeter.

¹ MV, M. Sc. Universidad Santo Tomás, Unidad de Fisiología Animal, Escuela de Medicina Veterinaria, Puerto Montt, Chile. vetmanuelch@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

El deporte canino ha ido cobrando popularidad en los últimos años. La diversidad de razas y su amplio espectro de habilidad atlética permite que se adapten a diversas actividades de trabajo, caza y deporte (Pellegrino *et al.* 2014). Dentro de las actividades que hacen populares los deportes caninos, se pueden incluir las pruebas de agilidad, pelota voladora y pruebas de disco (*frisbee*), búsqueda y rescate, salto de obstáculos y pruebas de cacería subterránea (Baltzer 2012). Al considerarlas, surge la necesidad de estandarizar programas de entrenamiento y pruebas de ejercicio aplicables en caninos que contribuyan a mejorar el rendimiento físico. Asimismo, propietarios, entrenadores y veterinarios necesitan parámetros fisiológicos que permitan evaluar la condición física de los perros (Ferasin y Marcora 2009). El uso de trotadora motorizada se muestra como una herramienta útil en la medicina del deporte canino (Ferasin y Marcora, 2007), pues permite controlar las condiciones del ejercicio —particularmente velocidad y duración—, lo que facilita la estandarización de pruebas de ejercicio y de programas de entrenamiento (Pellegrino *et al.* 2014).

Una de las mediciones utilizadas a nivel sérico para verificar un grado de fatiga muscular frente a una prueba de esfuerzo intenso es la del lactato, producto del metabolismo anaeróbico (Guyettel *et al.* 2011). El principal papel fisiológico de la producción del lactato es permitir la glucólisis y la producción de energía cuando la demanda de energía celular excede la capacidad de producción de energía mitocondrial aeróbica (Mooney *et al.* 2014).

La intensidad y duración del esfuerzo realizado determinan el metabolismo energético predominante durante el

ejercicio. Parámetros como la frecuencia cardíaca (FC), temperatura rectal (T°) y concentración de lactato sanguíneo son indicadores confiables para evaluar la respuesta fisiológica al ejercicio en trotadora motorizada en perros sin entrenamiento deportivo previo, como también para la planificación de rutinas de entrenamiento específicas (Piccione *et al.* 2012).

Algunas características morfológicas de las diferentes razas de caninos permiten categorizar la especie en braquicefálicos (cráneo corto y ancho), mesocefálicos (cráneo intermedio) y dolicocefálico (cráneo largo) (Shively 1993; Sisson y Grossman 1999; Köning y Liebich, 2005; Dyce *et al.*, 2012). Estos presentan, además, una morfología diferente en cuanto a textura y distribución muscular, como también a nivel de anatomía respiratoria superior. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue realizar la medición sérica de lactato y la frecuencia cardíaca en pacientes caninos braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos sometidos a prueba de esfuerzo en trotadora motorizada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tamaño de la muestra

Para la inclusión de los pacientes, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia (Otzen y Manterola, 2017), buscando pacientes con características que cumplan con los criterios de inclusión. Se hizo barrido por las clínicas veterinarias de la ciudad de Puerto Montt, Chile. Una vez seleccionados los pacientes, se estableció una comunicación telefónica con los dueños para informarles acerca del estudio y, posteriormente, recibir su autorización firmada por escrito. Las pruebas se realizaron en la clínica veterinaria

Terravet, de la ciudad de Puerto Montt. El estudio fue autorizado por el Comité Ético -Científico Macrozona Sur de la Universidad Santo Tomás (ORD: N.º 132 – 2018).

Población de estudio

La investigación fue realizada en 15 perros clínicamente sanos, todos ellos al día en cuanto a manejos de sanidad y chequeos médicos rutinarios. Para su ejecución y participación, se consideraron ciertos criterios de inclusión entre los cuales destacamos: machos y hembras, sin distinción racial, de biotipo braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos, según cálculo de índice cefálico, lo que permitió la selección 5 de pacientes con los caracteres cefálicos indicados. Los perros, además, requerían estar en un rango etario entre 2 y 5 años, su condición corporal debería estar entre 3 y 3,5 (escala de 1-5), ser de talla mediana o grande (entre los cuales destacaron pesos desde los 10 a 35 k), con actividad comprobada (mínimo 3 salidas de paseo por semana, con un promedio de 25 minutos), alimentación balanceada y esterilización realizada.

Muestras

Se tomaron muestras de sangre en horario diurno mediante venopunción cefálica, y se determinó la frecuencia cardiaca (FC) por medio de un oxímetro veterinario portátil a nivel de pabellón auricular en reposo y al descanso, una vez iniciada la prueba. La evaluación de la concentración de lactato sérico se hizo mediante las tiras de Accutrend Plus®

Prueba de esfuerzo

Los pacientes caninos fueron sometidos a una prueba de esfuerzo submáxima en

trotadora motorizada (tabla 1). El tiempo se ajustó de acuerdo con la frecuencia cardiaca submáxima observada por el oxímetro portátil Etco2® (rango máximo requerido: 140 latidos por minuto).

TABLA 1. Protocolo de la prueba de esfuerzo en cinta (*treadmill*) (15% de inclinación)

Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
0	0
10	3
20	6
30	10

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Los 15 pacientes llegaron a completar la prueba; sin embargo, dos braquicefálicos y dos mesocefálicos necesitaron mayor tiempo de adaptación a la trotadora motorizada, debido al nerviosismo y a la resistencia a caminar sobre la cinta. Por ello, se generó acostumbamiento en visitas previas.

En la tabla 2 se presenta la relación de los niveles de lactato sérico y frecuencia cardiaca en pacientes, de acuerdo con su morfología craneana. Se evidencia una fatiga mayoritariamente en perros braquicefálicos por medio del aumento de la FC, con parámetros cercanos a los 150 latidos por minuto. Sus niveles de lactato sérico alcanzaron rangos superiores cercanos a 3,9 mmol/l. El nivel de lactato sérico promedio fue de 3,26, 3,32 y 3,16 mmol/l, y el promedio de frecuencia cardiaca fue de 111,0, 107,8 y 108,0 para los perros braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos, respectivamente.

TABLA 2. Niveles de lactato sérico y frecuencia cardiaca en pacientes caninos sometidos a la prueba de esfuerzo en *treadmill*

	Lactato sérico (mmol)				Frecuencia cardiaca (latidos por minuto)			
	0 min	10 min	20 min	30 min	0 min	10 min	20 min	30 min
Braquicéfálico								
1	2,6	3,4	3,6	4,2	90	110	135	150
2	3,0	3,4	3,3	3,5	100	111	130	150
3	3,5	3,7	3,7	3,8	80	95	120	136
4	3,4	3,8	3,6	3,9	90	110	120	130
5	2,4	3,2	3,4	3,6	70	90	95	120
Mesocefálico								
1	3,4	3,5	3,6	3,6	80	100	120	144
2	3,4	3,5	3,5	3,8	80	100	120	144
3	2,5	2,8	3,0	3,2	70	82	96	120
4	3,6	3,3	3,5	3,7	100	120	125	140
5	2,9	2,6	3,4	3,6	89	93	110	125
Dolicocefálico								
1	2,3	2,6	2,9	3,4	800	100	110	125
2	2,6	2,8	2,7	3,2	86	100	120	140
3	2,8	3,4	2,7	2,9	92	100	110	120
4	2,7	2,8	3,2	3,0	87	93	110	125
5	2,4	3,2	3,8	4,2	90	110	125	136

Discusión

Para la ejecución de la prueba, fue necesario la incorporación de medios de sujeción como arneses que permitieron asegurar al perro mientras corría, logrando un comportamiento adecuado y de tranquilidad y reduciendo los fracasos de este tipo de prueba, según lo planteado por Kittleson *et al.* (1996), quien señala que los pacientes no capaces de generar una adaptación por

medio de elementos de sujeción aumentan los fracasos en este tipo de actividad.

Una vez iniciada la prueba, todos los pacientes sin diferenciación de biotipo cefálico mostraron signos de agotamiento moderado. Esto fue observado a los 10 minutos por medio de la visualización de un incremento del jadeo, sialorrea y frecuencia cardiaca > 130 latidos por minuto (tabla 2), característica que fue superior en

perros braquicefálicos. Considerando que la prueba no fue diferente entre sexo y raza, tiempo e inclinación de no más de un 15%, los valores obtenidos fueron similares a los planteados por Ferasin y Marcora (2009), en su estudio con labradores.

Con respecto a las mediciones de lactato sérico de los diferentes pacientes caninos, se observaron niveles superiores en perros mesocefálicos, categorizándose, según González y Arboleda (2017), como un incremento leve de los niveles séricos de lactato (tabla 6). El 70% de estos pacientes fueron de fenotipo labrador Retriever. Este biotipo cefálico presentó una media $X^- = 3,32$ mmol/l, a diferencia de lo observado en los pacientes caninos dolicocefálicos que presentaron valores inferiores ($X^- = 3,16$ mmol/l). A pesar de presentar una mayor extensión de la cavidad nasal, estos resultados dan a entender que la capacidad de intercambio gaseoso no se relaciona directamente con esta zona anatómica. Esto conduce a realizar investigaciones relacionadas en la conformación morfológica de estructuras que participan en fuerza e intercambio gaseoso en pacientes caninos, con la idea de continuar potenciando el conocimiento sobre el entrenamiento de esta especie. El 80% de estos pacientes pertenecían a la raza Collie y el 20% a la raza galgo.

En relación con las frecuencias cardíacas, se observó que mayoritariamente perros braquicefálicos (99% de raza bóxer y 1% Boston Terrier) presentaron niveles superiores en estado reposo > 80 latidos por minuto, lo que dio una media de $X^- = 111$ latidos por minuto. Esto se modificó una vez iniciado el esfuerzo físico en los pacientes, incrementando su frecuencia cardíaca sobre 100 latidos por minuto, resultado que se asimila a lo planteado por González *et al.* (2017), quienes indican que los perros aumentan su frecuencia

cardíaca en respuesta al ejercicio como un mecanismo adaptativo, debido a un aumento del gasto cardíaco para facilitar el aporte de sangre a los tejidos y así satisfacer el mayor requerimiento de oxígeno y demandas energéticas.

Las respuestas del sistema circulatorio al ejercicio tienen como fin adaptar el flujo sanguíneo a los músculos activos (Olmos 2010), están dirigidas a aumentar el aporte de O_2 , tanto en músculo esquelético como en el sistema cardíaco, con el fin de sostener el aumento del metabolismo y facilitar la remoción de los productos metabólicos de desecho (García *et al.* 1999).

Las medias de los niveles de lactato sérico no fueron significativas entre las tres categorías. A igual que lo planteado por Pellegrino *et al.* (2013), los resultados obtenidos posiblemente correspondan a un entrenamiento aeróbico de los animales. El equilibrio observado en los niveles de lactato sérico podría reflejar una adaptación de los perros a la intensidad y duración del esfuerzo exigido en este trabajo.

CONCLUSIONES

- Es importante considerar el esfuerzo físico al cual son sometidos los pacientes caninos destinados a planes de entrenamiento o a ejercicio rutinarios con sus dueños.
- Los resultados obtenidos se relacionan con un entrenamiento aeróbico aplicados en animales. El equilibrio observado en los niveles de lactato sérico podría reflejar una adaptación de los perros a la intensidad y duración del esfuerzo exigido en este trabajo.
- Las mediciones de los niveles de lactato sérico y frecuencia cardíaca en caninos braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos sometidos a prueba de esfuerzo

en cinta (*treadmill*) presentaron variaciones no significativas entre los diferentes biotipos cefálicos. Las medias obtenidas no permiten concluir que el grado de fatiga muscular presenta una relación directa entre los biotipos sometidos a la prueba de esfuerzo.

- Dentro de la mediciones y comparaciones aplicadas de manera particular entre cada biotipo se observaron que los perros mesocefálicos fueron los que presentaron mayor diferencia en las variables evaluadas, se observó una media de lactato sérico de 3,32 mmol.
- En relación con las frecuencias cardíacas, se observó que mayoritariamente los perros braquicefálicos presentaron una media de 111 latidos por minuto. A pesar de que estos pacientes presentaron un mayor esfuerzo físico al momento de realizar las pruebas no existe relación directa con sus niveles de lactato, el cual presentó una media 3,26 mmol/l. Es decir, estos pacientes, en el tiempo de la prueba, no presentaron índices de fatiga que permitan concluir relación directa con su submáxima de frecuencia cardíaca y niveles de lactato sérico.
- Se necesitan más estudios en mayor número de animales que permitan establecer, entre otras cosas, valores de lacto sérico y su relación con la frecuencia cardíaca en caninos sometidos a pruebas de esfuerzo físico, con la intención de saber y conocer más sobre la incorporación adecuada de un plan de entrenamiento físico en pacientes caninos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan agradecimientos por el apoyo a la investigación a la clínica veterinaria Terravet y tutores de mascotas que participaron de este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo de investigación no implicó ningún tipo de gasto económico por parte de los autores en su elaboración, ya que forma parte de la tesis de grado para obtener el título de Magíster en Ciencias de la Actividad Física y Deporte Aplicadas al Entrenamiento, Rehabilitación y Reintegro Deportivo.

REFERENCIAS

- Baltzer W. 2012. Lesiones deportivas. *Medicine veterinary*, 7(1) [internet]. [Consultado 2021, 5 de marzo] Disponible en: https://www.vetmedicinespanol.com.mx/articulo/645.lesiones_deportivas_en_perros
- Dyce KM, Sack WO, Wensing CJ. 2012. *G. Anatomía Veterinaria*. 4.ª ed. Ciudad de México, El Manual Moderno.
- Ferasin L, Marcora S. 2007. A pilot study to assess the feasibility of a submaximal exercise test to measure individual response to cardiac medication in dogs with acquired heart failure. *Vet Res Commun* 31:725-737. DOI: 10.1007/s11259-0073566-7
- Ferasin L, Marcora S. 2009. Reliability of an incremental exercise test to evaluate acute blood lactate, heart rate and body temperature responses in Labrador retrievers. *J Comp Physiol B* 179:839-845. DOI: 10.1007/s00360-009-0367-z
- García M, Guzmán R, Cabezas I, Merino V, Palma C, Pérez R. 1999. Evaluación del entrenamiento tradicional del caballo criollo chileno de rodeo mediante el análisis de variables fisiológicas y bioquímicas sanguíneas. *Arch Med Vet*. 31:167-176.
- González A, Arboleda A. 2017. Variación del biomarcador lactato en sangre en caninos con neuropatías de Pereira [internet]. [Consultado 2018, 15 de junio] Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/>

- handle/11059/8420/6367G643.pdf?s equence=1
- Guyettel F, Suffoletto B, Castillo, JL. 2011. Prehospital serum lactate as a predictor of outcomes in trauma patients: a retrospective observational study. *J Trauma*. 70(4):782-786.
- Kittleson MD, Johnson LE, Pion PD. 1996. Submaximal exercise testing using lactate threshold and venous oxygen tension as endpoints in normal dogs and in dogs with heart failure. *J Vet Intern Med*. 10:21-27.
- Köning H, Liebich H. 2005. Anatomía de los Animales Domésticos. 2.ª ed. Madrid: Médica Panamericana.
- Mooney E, Raw C, Hughes D. 2014. Plasma Lactate Concentration as a Prognostic Biomarker in Dogs with Gastric Dilatation and Volvulus. En: *Top Companion Anim Med*, 29(3): 71-76.
- Olmos ZR. 2010. Sistema circulatorio, hemodinamia, circulaciones especiales y respuesta del sistema cardiovascular al ejercicio y la hemorragia. En: Caballero CSC, editor. Fisiología veterinaria e introducción a la fisiología de los procesos productivos. FMVZ-UNAM, p. 347-374.
- Otzen T, Manterola C. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int J Morphol*. 35(1):227-232.
- Pellegrino F, Risso A, Arias D. 2014. Optimización del rendimiento deportivo en caninos. *SciELO*. 25(4):449-454.
- Pellegrino FJ, Risso A, Ponce L, Arizmendi A, Blanco PG, Arias D, Corrada Y. 2013. Área de Entrenamiento Canino. Facultad de Cs Veterinarias, UNLP, 2CONICET.
- Piccione G, Casella S, Panzera M, Giannetto C, Fazio F. 2012. Effect of moderate treadmill exercise on some physiological parameters in untrained beagle dogs. *Exp Anim*. 61:511-515.
- Sisson S, Grossman J. 1999. Anatomía de los Animales Domésticos. 5.ª ed. Barcelona: Masson.
- Shively, M. 1993. Anatomía Veterinaria Básica, Comparada y Clínica. Ciudad de México: El Manual Moderno.

Forma de citación del artículo:

SALDIVIA-PAREDES MA. 2022. Medición de los niveles de lactato sérico y frecuencia cardíaca, en caninos (*Canis lupus familiaris*) braquicefálicos, mesocefálicos y dolicocefálicos sometidos a prueba de esfuerzo en trotadora motorizada. *Rev Med Vet Zoot*. 69(1):33-39. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101531>

Niveles séricos de la isoenzima creatina quinasa-MB y lactato deshidrogenasa como indicadores de daño miocárdico en perros con enfermedad valvular degenerativa

Recibido: 09 de septiembre de 2020. Aprobado: 11 de julio de 2021.

R. Sepúlveda¹, M. Saldivia², S. Vásquez³

RESUMEN

Se analizaron los niveles séricos de creatina quinasa-MB (CK-MB) y lactato deshidrogenasa (LDH) en 10 perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa y en seis perros clínicamente sanos, con el objetivo de evaluar si sus niveles séricos indican daño miocárdico. Las muestras de suero se analizaron mediante el método UV. Se utilizó la prueba de diferenciación de medias para determinar diferencias entre medias, y la prueba de correlación de Pearson para determinar si existe correlación entre los niveles séricos de ambas enzimas. Los valores de CK-MB y de LDH fueron significativamente diferentes entre los dos grupos de pacientes. Los niveles de CK-MB y LDH tuvieron correlación positiva, pero no significativa.

Palabras clave: enfermedad cardíaca, CK-MB, LDH

Serum levels of the isoenzyme creatine kinase-MB and lactate dehydrogenase as indicators of myocardial damage in dogs with degenerative valve disease

ABSTRACT

Serum levels of creatine kinase-MB (CK-MB) and lactate dehydrogenase (LDH) were analyzed in 10 dogs diagnosed with degenerative valvular disease and in six clinically healthy dogs with the objective of evaluating whether their serum levels indicate myocardial damage. Serum samples were analyzed by UV method. The mean differentiation test was used to determine differences between means and the Pearson correlation test was performed to determine if there was a correlation between the serum levels of both enzymes. The CK-MB and LDH values were significantly different between the two groups of patients. The levels of CK-MB and LDH had a positive but not significant correlation.

Keywords: heart disease, CK-MB, LDH

¹ Unidad de Fisiología Animal, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Puerto Montt, Chile.

² Unidad de Fisiología Animal, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Puerto Montt, Chile. vetmanuelch@hotmail.com

³ Unidad de Fisiología Animal, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás, Puerto Montt, Chile

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca se define como un síndrome clínico causado por una enfermedad cardíaca que genera disfunción sistólica, diastólica o ambas, de gravedad suficiente como para contrarrestar los mecanismos compensatorios del aparato cardiovascular (Álvarez y Cruz 2009). Las lesiones del tejido cardíaco con muerte celular se reparan mediante la formación de tejido conjuntivo denso, lo que interrumpe su función en el sitio lesionado (Ross y Pawlina 2012). Las disfunciones del corazón llevan a remodelamiento ventricular e isquemia, generando liberación de marcadores biológicos como las enzimas (Pino 2008).

Creatina quinasa (CK-MB) es una isoenzima presente en el citosol de las células cardíacas y la lactato deshidrogenasa (LDH) está presente en el citosol de todas las células, catalizando la conversión reversible de L-lactato a piruvato en la glicólisis anaeróbica (Latimer 2011).

Las enfermedades cardiovasculares son comunes en caninos. Estas se diagnostican con técnicas imagenológicas como la radiografía, electrocardiografía y ecocardiografía. También existen nuevos métodos para diagnosticar cardiopatías de forma rápida y eficaz, como es el caso de los biomarcadores cardíacos (Correa y Galvis 2014).

En la presente investigación se midieron los niveles séricos de la isoenzima CK-MB y LDH en perros con enfermedad cardiovascular (ECV) y clínicamente sanos, con el fin de determinar si pueden ser usados como indicadores de daño miocárdico en perros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población del estudio

Se realizó un estudio cuantitativo de diseño experimental con pacientes caninos pertenecientes a tres clínicas veterinarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Se

TABLA 1. Tipos de exámenes en pacientes con enfermedad valvular degenerativa

Paciente	Ecocardiografía	Electrocardiografía	Radiografía
1	ER	ER	ER
2	ER	ER	ER
3	ER	ENR	ER
4	ER	ENR	ER
5	ER	ER	ER
6	ER	ER	ER
7	ER	ENR	ER
8	ER	ER	ER
9	ER	ER	ER
10	ER	ER	ER

ER: examen realizado. ENR: examen no realizado.

Fuente: elaboración propia.

seleccionaron 16 perros que cumplieron con los criterios de inclusión. De estos, 10 pacientes correspondieron a perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa y 6 fueron perros clínicamente sanos. El estudio fue aceptado por el Comité Ético-Científico Macrozona Sur de la Universidad Santo Tomás (ORD N.º109/2018). Asimismo, se obtuvo el consentimiento informado de los propietarios para la participación de sus mascotas en el estudio.

Como criterio de inclusión de los perros se consideró a pacientes con historia clínica concordante con signos clínicos de enfermedad cardiovascular, a los que se les había realizado un examen físico del sistema cardiovascular; que contaban con al menos un examen complementario como ecocardiografía, electrocardiografía o radiografía torácica (tabla 1); que se encontraran clasificados en la fase C, según la clasificación del ACVIM; que no padecían otras patologías sistémicas y que tenían entre 3 y 20 años, sin distinción de sexo ni raza. Para el caso de los perros sanos, se consideró que tuvieran un historial y examen clínico sin alteraciones, entre 3 y 20 años, sin distinción de sexo ni raza.

Tamaño de la muestra

Se realizó una técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que se buscaron pacientes que debían cumplir con características específicas. Para obtener un número estimado anual de pacientes diagnosticados con enfermedad cardiovascular se llevó a cabo una encuesta telefónica a clínicas veterinarias ubicadas en la provincia (tabla 2). Esta información se aplicó a la fórmula de cálculo de muestreo de población finita (Aguilar 2005) dando como resultado el número de 12 perros con enfermedad cardiovascular.

TABLA 2. Número estimado de perros diagnosticados anualmente con enfermedad cardiovascular en clínicas veterinarias de la ciudad de Puerto Montt, Chile

Clinica veterinaria	Casos (n)
A	100
B	15
C	8
D	12
Número total de casos	135

Fuente: elaboración propia.

Muestras

La población fue seleccionada de tres clínicas veterinarias, en las que los médicos veterinarios contactaron mediante vía telefónica a los dueños de los pacientes que calificaban para formar parte de este estudio. Los dueños fueron citados en la respectiva clínica veterinaria junto con su mascota, la cual contaba con 12 horas de ayuno previo. Se tomó una muestra de sangre (4 ml) de la vena cefálica o yugular en un tubo sin aditivo con gel separador, se dejó reposar por 30 minutos para la formación del coágulo y se centrifugó a 2500 rpm por 10 minutos para la obtención del suero. Los sueros resultantes fueron guardados en congelación a -20°C por un mes, antes de ser enviados al laboratorio clínico para su análisis.

Para la determinación de LDH en suero se utilizó el método UV optimizado (SFBC), y para la isoenzima CK-MB el método UV para la determinación de la isoenzima MB de creatina quinasa con anticuerpos anti-CK-M.

Análisis estadístico

Se calcularon la media aritmética, desviación estándar y varianza de los valores de CK-MB y LDH de los perros diagnosticados con enfermedad cardiovascular y de los perros

clínicamente sanos. Se realizó la prueba de diferenciación de medias para determinar si la diferencia de las medias de CK-MB y de LDH entre los dos grupos de perros eran significativas. Asimismo, mediante la prueba de correlación de Pearson se determinó la correlación entre los niveles séricos de CK-MB con los niveles séricos de LDH.

RESULTADOS

Los niveles séricos de las enzimas CK-MB y LDH de los pacientes se muestran en la tabla 3. Las medias de ambas enzimas fueron diferentes entre grupos, especialmente para la enzima LDH, cuya media en los perros diagnosticados con ECV fue 5,7 veces mayor que en los perros clínicamente sanos.

Los rangos de valores de CK-MB de los dos grupos de perros no fueron muy amplios, a excepción de tres perros diagnosticados con ECV que presentaron niveles sobre 250 U/L, lo cual implicó que las medias de ambos grupos fueron significativamente diferentes ($p < 0,05$). Por otro lado, los niveles séricos de LDH de los perros clínicamente sanos se mueven dentro de un rango estrecho de valores (máximo 38 U/L), mientras que aquellos de pacientes con ECV se mueven dentro de un rango más amplio (máximo: 190 U/L), lo que indica que las medias son significativamente diferentes ($p < 0,05$). La correlación entre

los niveles séricos de CK-MB y LDH, aunque fue directamente proporcional, no fue estadísticamente significativa.

DISCUSIÓN

Los niveles séricos de la isoenzima CK-MB en perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa fueron significativamente diferentes de aquellos clínicamente sanos. Estos resultados coinciden con las investigaciones realizadas por Pino (2006) y Bakirel y Gunes (2009), quienes obtuvieron medias aritméticas de 186 y 83,5 U/L, respectivamente, en perros con patologías cardíacas.

Los valores de concentración de CK-MB pueden variar por el método de inmunoanálisis utilizado (Santaló *et al.* 2003). Pino (2006) utilizó el mismo método empleado en el presente estudio, lo cual se refleja en la similitud obtenida en las medias aritméticas (186 U/L), cuyo valor es de 181,4 U/L en el presente estudio. El hecho de que los valores séricos de CK-MB sean muy variables dependiendo del kit empleado hace difícil hacer comparaciones con los resultados obtenidos en otros estudios, así como para crear un rango de referencia estándar, haciendo que su uso se vuelva poco práctico en la clínica diaria.

Según Vishal *et al.* (2012), CK-MB es una isoenzima que se incrementa luego de entre 3 y 12 horas, alcanza niveles máximos

TABLA 3. Media aritmética, desviación estándar y rango de los niveles séricos de creatina quinasa (CK-MB) y lactato deshidrogenasa (LDH) en perros clínicamente sanos y en perros diagnosticados con enfermedad cardiovascular (ECV)

Enzima (U/L)	Clínicamente sanos			Con ECV		
	Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
Ck-MB	116	21,28	94-150	181,4	67,13	85-326
LDH	20,5	9,40	11-38	118,4	70,68	8-190

Fuente: elaboración propia con los resultados de esta investigación.

entre las 12 y 25 horas y su concentración se normaliza entre los 2 y 3 días. Esto puede diferir en los pacientes con enfermedad valvular degenerativa en estadios C, los cuales requieren un tiempo de evolución de la enfermedad, generando dificultades en la utilización de CK-MB como biomarcador en medicina veterinaria.

Es posible en pacientes humanos una rápida elevación y descenso, la CK-MB puede utilizarse para detectar un reinfarto ulterior (Santaló *et al.* 2003). De allí, que se pueda asumir que es más probable que los valores séricos de CK-MB se encuentren aumentados en casos agudos, lo cual puede diferir en medicina veterinaria. En el caso de este estudio, los pacientes no presentaban sinología clínica al momento de tomar las muestras, debido a que se encontraban con tratamiento médico.

Silva *et al.* (2016) estudiaron el comportamiento de varios marcadores cardíacos en perros con leishmaniasis visceral (se presume que *Leishmania* spp. dañarían las fibras cardíacas), los cuales presentaban diversos signos clínicos, incluso algunos eran asintomáticos. Los resultados no indicaron una relación entre la concentración de CK-MB con la gravedad de los signos clínicos, lo cual podría señalar que los niveles séricos de CK-MB en perros con daño cardíaco no se relacionan con los signos clínicos del paciente.

En el caso de los niveles séricos de la enzima LDH se encontraron grandes diferencias entre perros diagnosticados con ECV y perros clínicamente sanos, a diferencia de lo reportado por Pino (2006), que si bien los perros-controles presentaron una media de 129 U/L y los perros con patología cardíaca de 267,5 U/L, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

LDH cataliza la conversión reversible de piruvato a L-lactato (Latimer 2011).

Al ser el lactato un producto del metabolismo anaeróbico, su concentración en sangre se utiliza clínicamente como un indicador de hipoperfusión e hipoxia (Sharkey y Wellman 2013), la cual es una consecuencia de la ECV, debido a que el corazón es incapaz de cumplir con las necesidades metabólicas de los tejidos periféricos (Silverstein y Hopper 2015). Esto aumentaría su actividad en sangre, en perros con ECV. No obstante, LDH es una enzima inespecífica que se encuentra en células de hígado, corazón, músculo y sangre, entre otros (Wittwer 2012), por lo que sus niveles séricos pueden verse afectados por causas extracardíacas.

CONCLUSIONES

Se pudo determinar en este estudio la existencia de una correlación positiva entre los valores séricos de LDH y de CK-MB en los pacientes. Sin embargo, en este estudio los niveles séricos de la isoenzima CK-MB resultaron no tener una diferencia estadísticamente significativa, bajo un 95% de confianza entre los perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa, en comparación con los perros clínicamente sanos. Al comparar los niveles séricos de CK-MB obtenidos en otros estudios se comprobó que sus valores son muy variables y que no se relacionan con la gravedad de los signos clínicos. Por ende, esta isoenzima probablemente no brinda una utilidad como examen complementario en la clínica diaria.

Los niveles séricos de la enzima LDH entre los perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa, en comparación con los de los clínicamente sanos, tuvieron una diferencia estadísticamente significativa bajo un 95% de confianza, lo cual podría ser un predictor de daño miocárdico, pero, debido a su característica de ser una enzima

inespecífica y al comparar los resultados obtenidos en otros estudios que utilizaron un tamaño muestral mayor, se puede inferir que los resultados obtenidos no son concluyentes.

Finalmente, debido a que los resultados de esta investigación difirieron con los resultados de otros estudios, se concluye que se debe utilizar un tamaño muestral más alto de perros diagnosticados con enfermedad valvular degenerativa y con una mayor cronicidad de la enfermedad, para obtener resultados más claros con respecto al uso de los niveles séricos de CK-MB y LDH como indicadores de daño miocárdico. Todo esto con la finalidad de ampliar la diversidad de biomarcadores de lesión celular o sistémica en medicina veterinaria.

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan agradecimientos por el apoyo a la investigación a las clínicas veterinarias que participaron de este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo se llevó a cabo con el apoyo financiero de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Santo Tomás, sede Puerto Montt.

REFERENCIAS

- Aguilar S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*. 11:333-338.
- Álvarez I, Cruz L. 2009. Modelos de insuficiencia cardiaca en caninos. *Rev Med Vet*. 18:93-103.
- Bakirel U, Gunes S. 2009. Value of cardiac markers in dogs with chronic mitral valve disease. *Acta Veterinaria-Beograd*. 59:223-229.
- Correa R, Galvis S. 2014. Biomarcadores cardiacos como ayuda diagnostica en las cardiopatías. *Spei Domus*. 10:41-48.
- Latimer K. 2011. *Duncan and Prasse's Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*. Ames: Wiley-Blackwell.
- Pino O. 2006. Determinación de los niveles séricos de enzimas cardiacas en perros adultos con enfermedad cardiovascular [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Ross M, Pawlina W. 2011. *Histología: Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. España: Editorial médica panamericana.
- Santaló MB, Guindo Soldevilab J, Ordóñez Llanos J. 2003. Marcadores biológicos de necrosis miocárdica. *Rev Esp Cardiol*, 56(7):703-720.
- Sharkey L, Wellman M. 2013. Use of lactate in small animal clinical practice. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 43(6):1287-1297.
- Silva VBC, Gonçalves Sousa M, Araujo CRA, Lima ABG. 2016. Cardiac biomarkers in dogs with visceral leishmaniasis. *Arch Med Vet*. 48:269-275.
- Silverstein D, Hopper K. 2015. *Small animal critical care medicine*. St. Luis: Elsevier.
- Vishal VU, Dhaval F, Jivani BM, Gupta H. 2012. Cardiac troponin: an emerging cardiac biomarker in animal health, *Veterinary world*, 5(8):508-511.
- Wittwer F. 2012. *Manual de patología clínica veterinaria*. Chile: Universidad Austral de Chile.

Forma de citación del artículo:

Sepúlveda R, Saldivia M, Vásquez S. 2022. Niveles séricos de la isoenzima creatina quinasa-MB y lactato deshidrogenasa como indicadores de daño miocárdico en perros con enfermedad valvular degenerativa. *Rev Med Vet Zoot*. 69(1): 40-45. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101533>

Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras

D. Marín-López^{1}, I. A. Matamoros-Ochoa¹, C. A. Ramírez-Restrepo²*

Recibido: 04 de agosto de 2020. Aprobado: 06 de septiembre de 2021

RESUMEN

El objetivo del estudio fue la caracterización productiva y de emisiones modeladas de gases de efecto invernadero (GEI) en 61 sistemas lecheros localizados en cinco regiones de Honduras. Durante las fases inicial (FI) y final (FF), con encuestas aplicadas individualmente a los productores, se identificaron aspectos técnicos y de productividad. Variables numéricas expresadas en Microsoft Excel[®] permitieron, con el modelo FAO de evaluación ambiental de la ganadería global-interactivo (GLEAM-i, por sus siglas en inglés) de ciclo de vida, estimar emisiones anuales de metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) en cada finca. Cálculos intermedios (GEI/animal) fueron derivados de la modelización GLEAM-i en Excel[®]. Durante la FI las fincas conjuntamente emitieron 25.038 t CO₂ equivalente (CO₂-eq), mientras que dichas emisiones fueron 10,5% menores en la FF. Emisiones de GEI/animal (2,85 ± 0,08 t CO₂-eq) y de GEI/kg de proteína láctea (96,91 ± 4,50 kg CO₂-eq) durante la FI fueron 13 y 21% menores en la FF, respectivamente. Valores de 52,82 ± 1,64 (CH₄) y 2,66 ± 0,10 (N₂O) kg/animal en la FI fueron 13% y 17% menores en la FF, respectivamente. La región Centro-Sur-Oriente emitió la menor cantidad de CH₄ (42,95 ± 2,37 kg/animal) y N₂O (1,82 ± 0,15 kg/animal), mientras las regiones Occidente y Norte experimentaron una reducción del 27% en GEI/kg proteína láctea entre la FI y FF. Se concluyó que la metodología usada identificó los impactos productivos y medioambientales, derivados de alternativas técnicas implementadas en sistemas de producción lechera de Honduras.

Palabras clave: diagnóstico, fincas, GLEAM-i, medioambiente, productividad.

Production dynamics and greenhouse gas modeled emissions from regional dairy production systems in Honduras

ABSTRACT

The study aimed to characterize production dynamics and greenhouse gas (GHG) emissions from 61 dairy farms in five regions in Honduras. Farm data were collected through individual surveys during the initial and final phases (IP; FP). Using Microsoft Excel[®], data

¹ Universidad Zamorano, Maestría en Agricultura Tropical Sostenible, km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguare, Municipalidad de San Antonio de Oriente. Francisco Morazán, Honduras.

² CR Eco-efficient Agriculture Consultancy (CREAC)[™], 46 Bilbao Place, Bushland Beach, QLD 4818, Australia.

* Autor para correspondencia: dikson623@gmail.com

was incorporated into the global livestock environmental assessment model-interactive (GLEAM-i, FAO) life cycle framework to estimate annual emissions of methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), and carbon dioxide (CO₂) at the farm system level. Animal emissions (GHG/animal) were derived in Excel[®] from the GLEAM-i predictions. Together, farms during the IP emitted 25.038 t CO₂ equivalent (CO₂-eq) while these emissions were 10,5% lower in the FP. Emissions of GHG/animal (2,85 ± 0,08 t CO₂-eq) and GHG/kg of milk protein (96,91 ± 4,50 kg CO₂-eq) during the IP were 13% and 21% lower in the FP, respectively. Methane and N₂O emission values (52,82 ± 1,64 vs. 2,66 ± 0,10 kg/animal) were 13% and 17% higher in the IP than in FP. The South-Central region emitted the lowest amount of CH₄ and N₂O (42,95 ± 2,37 kg/animal vs. 1,82 ± 0,15 kg/animal) while 27% lower GHG/kg milk protein was observed between the IP and FP of the Western and Northern regions. It was concluded that the used methodology identified productive and environmental impacts derived from implemented technical interventions in dairy production systems in Honduras.

Keywords: diagnostic, environment, farms, GLEAM-i, productivity.

INTRODUCCIÓN

La ganadería contribuye globalmente con el 14,5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que mezclan dióxido de carbono (CO₂, 27%), metano (CH₄, 44%) y óxido nitroso (N₂O, 29%) (Gerber *et al.* 2013; Zaman *et al.* 2021). Así, basado en un análisis de ciclo de vida es sugerido que las industrias cárnica y láctea contribuyen con un 41% y 20% del total de GEI emitidos por la ganadería mundial, respectivamente (Bhattacharyya *et al.* 2020; Histrov *et al.* 2013). Con referencia a lo anterior, se considera igualmente que la fermentación entérica, el manejo del estiércol, su depósito y aplicación a las pasturas o cultivos, la producción de alimento, posproducción y el cambio de uso de suelo contribuyen en un 39,1, 25,9, 21,1, 2,9 y 9,2%, respectivamente, al total de GEI del sector agropecuario (Gerber *et al.* 2013; Thompson y Rowntree 2020).

En este aspecto, en Latinoamérica y el Caribe (LAC), el gran desafío ganadero es producir proteína animal para abastecer una población creciente, contribuir al desarrollo socioeconómico y cultural, y

liderar el debate relacionado con el deterioro de los ecosistemas y el deterioro ambiental (Fonseca *et al.* 2009). Efecto negativo cuantificado en LAC por la emisión estimada de 1,8 gigatoneladas (1 gigatón equivalente a 1.000.000.000 t) de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) (Gerber *et al.* 2013). Así, un incremento proyectado en la demanda de carne (57%) y leche (62%) en los próximos 30 años (Alexandratos y Bruinsma 2012) podría ser asociada, no solo, con un aumento del poder adquisitivo regional (Thornton 2010; Wright *et al.* 2012), sino también con el incremento de las emisiones sectoriales y totales de GEI (Leip *et al.* 2015).

Según el Instituto Nacional de Estadística de Honduras (INE) (2008), de las 3.264.339 ha disponibles en el país, 54% están relacionadas con la siembra de pasturas, 29% con cultivos y 17% con otros rubros agropecuarios. En este contexto Sánchez (2014) informó que aproximadamente 60% de las tierras ganaderas son onduladas o de laderas de alta pendiente y cercano a un 32% del área presentan una marcada degradación. No obstante,

Holman *et al.* (2004) estimaron que más de 350.000 familias están relacionadas con sistemas ganaderos extensivos. De esos sistemas de producción familiar, el 92% de productores posee menos de 50 ha (Pérez *et al.* 2006). Además, esta población rural incluye comunidades indígenas de escasos recursos, especialmente en las zonas sur, oeste y en la frontera oriental del país, ya que las zonas Norte y Centro son industriales (Sanders *et al.* 2019). Con todo, las comunidades rurales no solo son impactadas por un clima progresivamente variable, una deficiente planificación agropecuaria, una desmedida urbanización, también lo son por las falencias en el control del uso de los recursos naturales estratégicos y del medioambiente (Sanders *et al.* 2015).

En suma, el INE (2008) reportó 96.622 sistemas de producción ganadera. El 76, 15 y 9% de estos son catalogados como de doble propósito, lecheros y cárnicos, respectivamente. Sin embargo, en conjunto fueron agrupados en términos de una baja productividad y rentabilidad (Sánchez 2014). A pesar de esto, la industria ganadera hondureña genera aproximadamente el 13% del producto interno bruto (PIB) del país, lo que involucra el 36% de la población económicamente activa a través de 180.000 empleos directos (Tobar *et al.* 2017). No obstante, es evidente que la contribución de la ganadería al PIB del país se redujo en un 40% entre 1990 y 2018 (Canu *et al.* 2018). Teniendo en cuenta este contexto de altas disparidades, la ganadería hondureña reafirma la continuada necesidad de generar y aplicar estrategias de sostenibilidad (ambiental, social y económica) que generen una amplia gama de alternativas productivas sostenibles (Sánchez 2014).

En este entorno, Honduras se adhirió a la Convención Marco de las Naciones

Unidas sobre el Cambio Climático y, en el año 2015, al Acuerdo de París, comprometiéndose a reducir las emisiones de GEI en 15% para el año 2030 (Canu *et al.* 2018; ONU 2021). Por ello es imperativa la colaboración entre los sectores público y privado, de ámbitos nacionales e internacionales, y la Academia para cuantificar y mitigar el impacto ambiental de la ganadería. Consecuentemente, el objetivo de la presente investigación fue la caracterización productiva y de emisiones modeladas de GEI en fincas lecheras agrupadas en cinco regiones de Honduras. Esto, estableciendo las diferencias entre un diagnóstico en una fase inicial (FI) y uno de seguimiento en la fase final (FF).

MATERIALES Y MÉTODO

Contexto regional del estudio

Considerando la ubicación estratégica, el requerimiento de tecnologías y la capacidad demostrativa, 61 predios fueron seleccionados a través de 12 departamentos (figura 1). Las fincas priorizadas fueron intencionalmente agrupadas en las regiones de Aguán, Atlántida, Centro-Sur-Oriente, Norte y Occidente considerando que el 74% del inventario nacional de ganado bovino y el 71% de la producción láctea nacional se concentra en ellas (INE 2008).

La elaborada región de Aguán comprendió los departamentos de Colón y Yoro; la Atlántida, el de Atlántida; y la Centro-Sur-Oriente, los de Olancho, Francisco Morazán, El Paraíso y Valle. La región Norte comprendió los de Cortes, Yoro y Comayagua, mientras que la región de Occidente sumó Santa Bárbara, Copan y Lempira. La precipitación departamental oscila entre 400 y 2400 mm. Comayagua y Francisco Morazán son los departamentos



FIGURA 1. Distribución de sistemas lecheros encuestados en los departamentos de Atlántida, Colón, Comayagua, Copan, Cortes, El Paraíso, Francisco Morazán, Lempira, Olancho, Santa Barbara, Valle y Yoro de Honduras

Fuente: adaptado de Marín López (2020).

más secos, y Colón el más húmedo (FAO 2015). Valle es el más cálido (29°C) y Copán, Santa Bárbara y Lempira los más templados (23°C). El periodo de lluvias (6-7 meses) normalmente inicia en el mes de abril en Copán, Santa Bárbara y Lempira, en mayo en los restantes. No obstante, en Colón, las lluvias son casi permanentes (FAO 2015).

Recolección de datos en las fincas

Siguiendo un diseño de investigación cualitativo (Navas Ríos 1999; Ranjan *et al.* 2019), una evaluación conceptual cuantitativa (Weißhuhn *et al.* 2018) y posterior narrativa, el estudio aplicó individualmente a los productores encuestas semiestructuradas en la FI (noviembre 2018) y en la FF (septiembre 2019). Estas caracterizaron conjuntamente los sistemas de producción, uso de la tierra, inventario, nutrición y

manejo animal, manejo forrajero y del estiércol, costos fijos y variables de producción e ingresos. En forma individual, la FI diagnosticó la condición inicial de la finca identificando puntos críticos para con ello diseñar un programa propio de asistencia técnica con dos visitas al mes como mínimo. Así, la FF cuantificó el impacto técnico y medioambiental de las discusiones e intervenciones.

Programa de asistencia técnica e intervención

El esquema incluyó aspectos administrativos y de manejo, nutrición, reproducción, mejoramiento genético y sanidad animal. El uso de registros de producción, reproducción, sanidad y económicos fue primordial, en compañía de la evaluación de la oferta forrajera fresca y de materia seca (MS). Esto último, para balancear

las necesidades nutricionales de los hatos y usando cercas eléctricas para promover sistemas ajustados de pastoreo rotacional intensivo. Los cambios introducidos igualmente contemplaron capacitación en prácticas de ordeño y el uso efectivo de inseminación artificial.

Variables relevantes para la modelación

En las regiones, se consideraron la estructura y las dinámicas productivas del hato, los recursos de alimentación y el manejo del estiércol a nivel de finca. Así, la interacción de la base alimenticia, el enfoque de producción y el manejo animal permitieron la escalabilidad de los sistemas de producción en términos de pastoreo (PAS) y mixtos (MIX) (Gerssen-Gondelach *et al.* 2017; Robinson 2011; Seré *et al.* 1996).

Normativamente, se aceptó que un sistema PAS es definido por el uso de pasturas de crecimiento corto (< 60 días) orientadas a satisfacer como mínimo el 80% del consumo diario de MS, un reducido uso de concentrado de baja calidad nutricional y una baja productividad animal debido a un sistema extensivo de pastoreo. En síntesis, el sistema MIX reflejó el uso de pasturas con una carga animal más intensa y el suministro de alimentos concentrados de mediana y alta calidad que son obtenidos de cultivos con ciclos de crecimiento mayores a 60 días, que aportaron más del 20% en consumo MS/día (Gondelach *et al.* 2017; Robinson 2011; Seré *et al.* 1996).

La estructura del hato incluyó el número total de animales, hembras y machos adultos, edad en el primer parto, fertilidad de hembras adultas, mortalidad en machos y hembras jóvenes, mortalidad en adultos, reemplazo de las hembras adultas, peso al nacimiento y de hembras y machos adul-

tos. La producción lechera fue ajustada a 305 días de lactancia. El 100% de la MS contenida en las dietas fue dividido entre las fuentes de alimentación disponibles. Ellas incluyeron pasto fresco, heno o ensilaje de pasto, ensilaje de plantas de grano entero como el sorgo (*Sorghum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y soya (*Glycine max*). Subproductos industriales incluyeron harina de almendra de palma (*Elaeis guineensis*), cebada (*Hordeum vulgare*) y melaza de caña (*Saccharum officinarum*).

La totalidad del estiércol se fraccionó de acuerdo con el requerimiento del modelo. El mismo incluyó utilización en pasturas o campo, distribución diaria, almacenamiento sólido, lote seco, líquido, laguna anaeróbica, combustión y almacenamiento en pozos y digestor anaeróbico (FAO 2017; IPCC 2019).

Estimación de gases de efecto invernadero

El uso del modelo de evaluación ambiental de la ganadería global-interactivo (GLEAM-i, por sus siglas en inglés) estimó las emisiones de GEI (CH_4 , N_2O , CO_2) durante las fases del estudio. Brevemente, el modelo GLEAM-i requiere una base de datos en Microsoft Excel® considerando principalmente la estructura del hato, los recursos de alimentación y el manejo del estiércol (FAO 2017). Los cómputos en términos de CO_2 -eq son generados considerando el potencial de calentamiento global de 34 y 298 para el CH_4 y el N_2O , respectivamente (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] 2014). Detalladas fuentes de emisión consideradas por el GLEAM-i para totalizar las dinámicas de GEI resultantes son sumariadas en la tabla 1. Características adicionales del GLEAM-i están disponibles en <http://gleami.org/>.

TABLA 1. Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero relacionadas con la estructura de modelación del modelo de evaluación ambiental de la ganadería global-interactivo (GLEAM-i)

Fuente de emisión	Descripción
Metano	
Fermentación entérica	Digestión microbiana en rumiantes y cerdos
Manejo del estiércol	Descomposición anaerobia de material orgánico en excretas
Óxido nitroso	
Producción de alimento	Aplicación de estiércol y fertilizantes nitrogenados en los cultivos
Manejo del estiércol	Conversión de compuestos nitrogenados presentes en las excretas
Dióxido de carbono	
Producción de alimento	Producción, procesamiento y transporte de alimentos
Cambio de uso del suelo	Expansión cultivos y pasturas
Uso de energía directo	Energía requerida esencialmente para la producción animal
Uso de energía indirecto	Energía utilizada en la construcción de instalaciones, adecuación de equipos y alojamiento animal

Fuente: adaptado de FAO (2017).

Análisis estadístico

Los cálculos e indicadores finales generados por el modelo FAO permitieron un análisis que consideró un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de $5 \times 2 \times 2$ niveles. De esta manera, los efectos de región (Aguán, Atlántida, Centro-Sur-Oriente, Norte y Occidente), sistemas de producción (PAS y MIX), fases de intervención (FI y FF) y la interacción de región, sistemas de producción y fases de intervención fueron consideradas en SAS 2019 (versión 9.4) para el análisis de varianza.

Modelos lineales mixtos generalizados (GLMM, por sus siglas en inglés) del procedimiento GLIMMIX calcularon las medias de mínimos cuadrados (LSM, por sus siglas en inglés) utilizando la función LSMEANS, mientras las diferencias para todos los efectos fijos fueron ajustadas por comparación múltiple a través del método Tukey-Kramer. Todos los análisis consideraron la variable finca como efecto aleatorio. Las diferencias entre LSM fueron declaradas cuando $p \leq 0,05$ y las tendencias declaradas cuando $p \leq 0,10$.

RESULTADOS

Características de los hatos

La extensión promedio de las fincas fue de $127,6 \pm 145,7$ ha (rango 16-950 ha). Los sistemas productivos de mayor área promedio se localizaron en las regiones de Centro-Sur-Oriente (249 ha) y Occidente (117 ha), mientras que fincas de 80, 93 y 87 ha fueron, respectivamente, caracterizadas en las regiones de Aguán, Atlántida y Norte. Al mismo tiempo, las gramíneas más importantes de pastoreo en las cinco regiones fueron las de los géneros *Brachiaria* spp. y *Panicum* spp.

En la FI, 8698 animales fueron censados. Este censo incrementó el 7,4% en la FF. De los 61 hatos, 31 fueron clasificados como sistemas MIX y la diferencia como sistemas PAS. En esta estructura, durante la FI y la FF, los sistemas PAS fueron representativos para el 54% (4732) y 56% (7085) del total de animales, respectivamente. El rendimiento lácteo ajustado a 305 días en el sistema PAS en la FI fue 40% menor que en el sistema MIX; sin embargo, esa diferencia se redujo a un 26% en la FF (tabla 2). En la FI, la

TABLA 2. Características descriptivas de sistemas de producción de pastoreo y mixtos durante las fases inicial (FI) y final (FF) de la investigación

Parámetros	Pastoreo		Mixtos	
	FI	FF	FI	FF
Número total de animales	168 ± 26	190 ± 26	137 ± 26	135 ± 26
Hembras adultas	67 ± 11	69 ± 11	63 ± 11	60 ± 11
Toros	6 ± 12	7 ± 11	6 ± 12	5 ± 13
Animales jóvenes	99 ± 11	118 ± 11	73 ± 11	77 ± 11
Edad al primer parto (meses)	35,1 ± 0,92	32,8 ± 0,92	31,0 ± 0,92	30,5 ± 0,92
Fertilidad hembras adultas (%)	68,6 ± 2,50	68,3 ± 2,50	67,9 ± 2,47	73,9 ± 2,47
Reemplazo hembras adultas (%)	9,8 ± 2,08	9,4 ± 2,08	9,5 ± 2,05	11,7 ± 2,05
Peso nacimiento (kg) [†]	35,0	35,9 ± 0,37	35,0	36,1 ± 0,36
Peso hembras adultas (kg)	506,3 ± 7,45	424,6 ± 7,45	503,4 ± 7,35	428,5 ± 7,35
Peso machos adultos (kg) [†]	650	601,3 ± 11,21	650	581,0 ± 12,01
Producción lechera (kg)*	1767 ± 166,7	2120 ± 166,7	2945 ± 165,9	2871 ± 165,9
Mortalidad hembras jóvenes (%) [†]	20,0	1,8 ± 0,50	20,0	2,4 ± 0,50
Mortalidad machos jóvenes (%) [†]	20,0	8,4 ± 2,10	20,0	4,1 ± 2,07
Mortalidad animales adultos (%) [†]	3,0	1,0 ± 0,19	3,0	0,9 ± 0,19

[†]Valores durante la FI fueron reportados empíricamente por los productores.

Los datos son medias de mínimos cuadrados ± error estándar de las medias.

*Ajustada a 305 de lactancia teniendo en cuenta hembras de todas las edades.

mortalidad estimada para animales jóvenes fue 6,5 veces mayor que lo reportado para los animales adultos. En la FF, la mortalidad entre los sistemas PAS y MIX fue similar para los animales adultos, pero, comparado con la FI, la mortandad de hembras y machos jóvenes en conjunto se redujo un 36% (tabla 2).

Recursos de alimentación

En la FI los sistemas PAS usaron forraje fresco (80,5%, figura 2), nativo e introducido

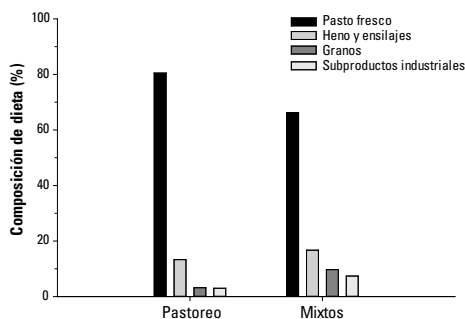


FIGURA 2. Caracterización de recursos alimenticios en dietas de sistemas hondureños de producción lechera

en forma continua, y cercas perimetrales. En contraste en la FF los sistemas PAS implementaron el uso de cercas eléctricas para división de potreros, lo que promovió un manejo más eficiente de la base forrajera. El porcentaje de consumo de pasto fresco en los sistemas MIX fue, en promedio, 66,2% (figura 2), mientras que el uso del heno (pasto), el ensilaje (maíz y sorgo) y los subproductos industriales fueron mayores durante los ordeños MIX que en los ordeños PAS (figura 2).

Manejo del estiércol

En los sistemas PAS y MIX cinco prácticas de manejo del excremento fueron identificadas: defecación en el potrero; aplicación manual a las pasturas dentro de las 24 horas posteriores a la excreción, apilamiento fresco durante varios días, utilización seca y almacenamiento del lavado de áreas de ordeño y corrales en tanques o estanques por menos de un año. Se comprobó la deposición en el potrero como la práctica más común (PAS: 70% vs. MIX: 61%). Así mismo, con respecto a la FI, se observó un incremento (11%) en el uso diario durante la FF en los sistemas MIX, mientras que allí, el almacenamiento de lavados disminuyó (7%) y la conservación seca (20%) fue constante para todas las interacciones de fase y sistema.

Emisiones estimadas de GEI

En conjunto las 61 fincas encuestadas emitieron un total de GEI de 25.038 t CO₂-eq/año, emisión que se redujo en un 10,5% (2633 t CO₂-eq) para la FF. Consecuentemente, el 88% de los sistemas productivos mostró una reducción en cualquiera de los GEI estudiados. Así, independientemente de las fases, el 63, 28 y 9% fueron los promedios de las

emisiones totales de CH₄, N₂O y CO₂, respectivamente.

En términos del CH₄ emitido, las diferencias provenientes de la fermentación entérica y el manejo del estiércol fueron significativas ($p \leq 0,01$) tanto en la FI (91,6 ± 0,91% vs. 8,4 ± 0,91%) como en la FF (95,7 ± 0,91% vs. 4,3 ± 0,91%). Comparado con las emisiones totales de CH₄, en la FI, las emisiones fueron 10,5% menores (1671 t CO₂-eq/año) que durante la FF. En este entorno, el N₂O total emitido se derivó de la deposición y aplicación de estiércol en las pasturas y cultivos (83-85%), fertilizantes para praderas y cultivos de uso animal (10%) y manejo del estiércol (5-7%).

Sin embargo, la diferencia del total de N₂O emitido entre la FI y FF no fue estadísticamente significativa (760 t CO₂-eq/año). Las emisiones de CO₂ se generaron principalmente por la producción, transformación y transporte de piensos (73-76%), así como por el consumo de energía directa en los sistemas productivos (21-23%).

La diferencia en emisiones totales de GEI entre las regiones Centro-Sur-Oriente y Norte fueron significativas ($p \leq 0,05$), al igual que las emisiones de GEI/animal ($p = 0,02$, tabla 3) y la interacción entre regiones y sistemas ($p = 0,04$). Las emisiones totales de GEI para los sistemas productivos PAS y MIX son presentados en la tabla 4. El total de GEI tendió a ser mayor en el sistema PAS que en la contraparte ($p \leq 0,10$), pero las emisiones por animal entre los dos sistemas fueron similares. En paralelo, comparado con el sistema PAS, las emisiones de GEI/kg de proteína en leche fueron 37% menores en el sistema MIX ($p \leq 0,0001$).

En forma individual, aun cuando entre los sistemas productivos las emisiones de CH₄ y N₂O tendieron a ser diferentes ($p \leq 0,10$) y las emisiones de CO₂ fueron similares, las emisiones por animal fueron

TABLA 3. Gases de efecto invernadero (GEI, CO₂-eq) provenientes de sistemas productivos lecheros en conformadas regiones de Honduras

Parámetro	Región				
	Aguán	Atlántida	Centro-Sur-Oriente	Norte	Occidente
GEI					
t/año	357,58 ± 73,42 ^{ab}	411,96 ± 80,00 ^{ab}	532,56 ± 66,62 ^a	300,32 ± 73,42 ^b	443,06 ± 80,00 ^{ab}
t/animal/año	2,58 ± 0,13 ^a	2,94 ± 0,15 ^a	2,28 ± 0,12 ^b	2,74 ± 0,13 ^a	2,74 ± 0,15 ^a
kg/kg proteína láctea	79,01 ± 6,20 ^b	84,90 ± 6,68 ^{ab}	96,86 ± 5,67 ^a	88,01 ± 6,19 ^{ab}	85,05 ± 6,68 ^{ab}
CH₄					
t/año	229,65 ± 47,03 ^{ab}	261,04 ± 51,24 ^{ab}	334,83 ± 42,67 ^a	189,52 ± 47,03 ^b	277,09 ± 51,23 ^{ab}
kg/animal/año [†]	48,51 ± 2,62 ^a	54,51 ± 2,87 ^a	42,95 ± 2,37 ^b	50,83 ± 2,63 ^a	50,14 ± 2,87 ^a
N₂O					
t/año	93,56 ± 21,46 ^b	106,80 ± 23,40 ^{ab}	150,41 ± 19,46 ^a	84,95 ± 21,46 ^b	128,46 ± 23,40 ^{ab}
kg/animal/año [†]	2,30 ± 0,17 ^a	2,75 ± 0,18 ^a	1,82 ± 0,15 ^b	2,64 ± 0,17 ^a	2,68 ± 0,18 ^a
CO₂					
t/año	34,28 ± 7,17 ^{ab}	44,09 ± 7,80 ^{ab}	47,31 ± 6,51 ^a	25,90 ± 7,17 ^b	37,36 ± 7,80 ^{ab}
kg/animal/año [†]	252,96 ± 19,98 ^{ab}	270,60 ± 21,85 ^{ab}	281,18 ± 18,08 ^a	228,63 ± 19,98 ^b	239,98 ± 21,84 ^{ab}

Dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq).

[†]Valores de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) derivados de la modelación son expresados en kg de cada gas.

Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media seguidas por letras diferentes dentro del mismo parámetro son diferentes estadísticamente ($p \leq 0,05$).

TABLA 4. Emisiones calculadas de gases de efecto invernadero generados por sistemas alimenticios identificados en fincas lecheras

Parámetro	Pastoreo	Mixtos
Gases de efecto invernadero		
t CO ₂ -eq/año	469,77 ± 51,82 ^c	348,42 ± 51,55 ^d
t CO ₂ -eq/animal/año	2,71 ± 0,09 ^a	2,61 ± 0,09 ^a
kg CO ₂ -eq/kg proteína láctea	106,71 ± 4,73 ^a	66,83 ± 4,75 ^b
Metano		
t CO ₂ -eq/año	293,98 ± 33,21 ^c	222,86 ± 33,04 ^d
kg/animal/año [†]	49,92 ± 1,76 ^a	48,85 ± 1,74 ^a
Óxido nitroso		
t CO ₂ -eq/año	142,54 ± 15,03 ^a	83,12 ± 14,94 ^b
kg/animal/año [†]	2,71 ± 0,11 ^a	2,16 ± 0,11 ^b
Dióxido de carbono		
t CO ₂ -eq/año	33,21 ± 5,13 ^a	42,37 ± 5,12 ^a
kg/animal/año [†]	203,11 ± 13,26 ^b	306,23 ± 13,10 ^a

[†]Valores de dióxido de carbono metano y óxido nitroso procedentes de la respuesta GLEAM-i son indicados en kg de cada gas. Dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq).

Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media seguidas por letras diferentes dentro del mismo parámetro son estadísticamente diferentes (ab: $p \leq 0,05$; cd: $p \leq 0,10$).

similares solamente con respecto a CH_4 . Las emisiones totales de GEI fueron similares entre FI y FF; sin embargo, en la FF, las emisiones fueron menores por animal ($p \leq 0,001$) y en relación con los kg de proteína láctea (20,27 kg CO_2 -eq, $p < 0,000$; tabla 5). Las emisiones totales e individuales de gases fueron similares, pero, a pesar de ello, cuando se expresaron por animal las de CH_4 y N_2O fueron significativamente menores en la FF (tabla 5).

En promedio la principal fuente de GEI en las regiones fue el CH_4 , seguido por las variaciones en el N_2O y el CO_2 (tabla 6). Comparado con el sistema PAS, las emisiones totales de CH_4 entérico fueron menores en el sistema MIX (39%, $p = 0,04$), efecto igualmente observado en términos del N_2O proveniente del estiércol aplicado o depositado en las pasturas (91%, $p \leq 0,001$; figura 3). En forma contraria, las emisiones de CO_2 por el uso directo de energía fue significativamente mayor en el sistema MIX ($p \leq 0,001$, 80%; figura 3).

Discusión

El objetivo de la investigación fue la tipificación productiva y de emisiones modeladas de GEI en la ganadería lechera regional de Honduras utilizando criterios de diagnóstico y seguimiento. En ellos, encuestas, datos, simulación y análisis conformaron una aproximación al cambio tecnológico requerido para mantener o mejorar el valor socioeconómico y cultural de la industria. En términos productivos, el hallazgo más importante fue un incremento regional final de 8306 kg en el rendimiento de leche ajustado a 305 días. Esto indica que, en fincas y regiones en las que las condiciones físicas y de fertilidad de los suelos, así como de manejo animal, justifiquen económicamente la adopción de paquetes tecnológicos, la implementación puede asegurar una marcada diferenciación con respecto al impacto ambiental generado, los efectos del cambio climático y la formulación y adopción de relevantes políticas y discusiones enfocadas en la implementación de paquetes tecnológicos que contribuyan a la ganadería sostenible.

TABLA 5. Dinámicas de gases de efecto invernadero originados de predios lecheros durante las fases inicial (FI) y final (FF) de la asesoría técnica

Parámetros	FI	FF
Gases de efecto invernadero		
t CO_2 -eq/año	430,57 ± 48,68 ^a	387,62 ± 48,68 ^a
t CO_2 -eq/animal/año	2,85 ± 0,08 ^a	2,47 ± 0,08 ^b
kg CO_2 -eq/kg proteína láctea	96,91 ± 4,50 ^a	76,63 ± 4,50 ^b
Metano		
t CO_2 -eq/año	271,98 ± 31,21 ^a	244,87 ± 31,21 ^a
kg/animal/año [†]	52,82 ± 1,64 ^a	45,96 ± 1,64 ^b
Óxido nitroso		
t CO_2 -eq/año	119,21 ± 14,12 ^a	106,46 ± 14,12 ^a
kg/animal/año [†]	2,66 ± 0,10 ^a	2,21 ± 0,10 ^b
Dióxido de carbono		
t CO_2 -eq/año	39,33 ± 4,83 ^a	36,24 ± 4,83 ^a
kg/animal/año [†]	260,03 ± 12,43 ^a	249,31 ± 12,43 ^a

[†]Valores de dióxido de carbono metano y óxido nitroso derivados de la simulación son expresados en kg de cada gas. Dióxido de carbono equivalente (CO_2 -eq).

Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de la media seguidas por letras diferentes dentro del mismo parámetro son diferentes ($p \leq 0,05$).

TABLA 6. Emisiones promedio de gases de efecto invernadero (t CO₂-eq) provenientes de fincas lecheras localizadas en regiones estructuradas de Honduras

Fuentes de emisión	Aguán	Atlántida	Centro-Sur-Oriente	Norte	Occidente
Metano					
Entérico	204,66 ± 42,38 ^b	240,74 ± 46,13 ^{ab}	320,19 ± 38,48 ^a	170,96 ± 42,38 ^b	260,34 ± 46,13 ^{ab}
Estiércol	25,10 ± 7,58 ^a	20,28 ± 8,29 ^a	14,65 ± 6,86 ^a	18,63 ± 7,58 ^a	16,39 ± 8,28 ^a
Óxido nítrico					
Estiércol en pasturas o cultivos	78,18 ± 19,34 ^b	85,42 ± 21,08 ^{ab}	132,46 ± 17,55 ^a	68,61 ± 19,34 ^b	109,97 ± 21,08 ^{ab}
Fertilizantes	9,39 ± 1,96 ^b	12,31 ± 2,13 ^{ab}	14,34 ± 1,78 ^a	7,69 ± 1,96 ^b	11,67 ± 2,13 ^{ab}
Estiércol	6,11 ± 1,45 ^{ab}	9,06 ± 1,58 ^a	3,58 ± 1,33 ^b	9,44 ± 1,45 ^a	6,88 ± 1,58 ^a
Dióxido de carbono					
Pienso	24,01 ± 5,58 ^{ab}	33,09 ± 6,07 ^a	37,24 ± 5,07 ^a	18,16 ± 5,58 ^b	27,79 ± 6,07 ^{ab}
Energía directa	8,83 ± 1,52 ^a	8,77 ± 1,66 ^a	8,87 ± 1,38 ^a	6,39 ± 1,52 ^a	8,40 ± 1,66 ^a
Energía indirecta	0,48 ± 0,17 ^d	1,08 ± 0,18 ^c	0,68 ± 0,15 ^d	0,54 ± 0,17 ^d	0,50 ± 0,18 ^d

Dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq). Medias de mínimos cuadrados ± error estándar de las medias seguidas dentro del mismo parámetro por diferentes letras difieren estadísticamente (ab: *p* ≤ 0,05; cd: *p* ≤ 0,10).

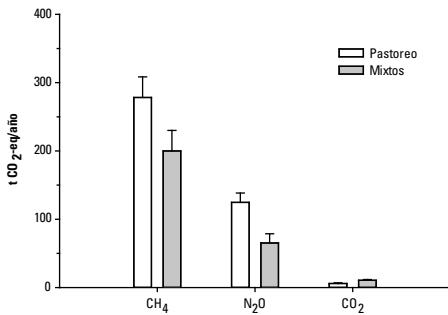


FIGURA 3. Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de fermentación entérica (CH₄; metano), aplicación o deposición del estiércol en las pasturas (N₂O; óxido nítrico) y del uso de energía eléctrica (CO₂; dióxido de carbono) en predios de sistemas lecheros regionales en Honduras

Este nuevo perfil en la estructura productiva, derivado del cambio tecnológico, está claramente determinado por la

respuesta de los sistemas PAS en los que su rendimiento lechero se incrementó en un 20% (353 kg). La evidencia refleja una real capacidad de los productores, asistentes técnicos y la Academia para responder con eficiencia al crecimiento productivo, ya que la producción de leche ajustada fue ~70% (PAS) y ~130% (MIX), mayor que los 1250 kg descritos previamente (INE 2008).

Visto este crecimiento productivo desde el punto de vista de inventario animal se constatan al menos tres hechos. El INE (2008) estimó en Honduras un crecimiento en el inventario ganadero del 0,84% para el periodo 2003-2008, es decir, un poco mayor que el incremento animal del 0,78% reportado por FAO (2019) para el periodo 2017-2018. Sin embargo, si se considera que, en un período de 10 meses,

el presente estudio reporta un agregado en la masa ganadera del 7,4%, parecería que hay algo más que podría explicar la expansión en la producción lechera.

En efecto, podría ser posible que, en conjunto, la adaptación, transferencia y adopción de tecnologías forrajeras, el mejoramiento de la infraestructura, el mejoramiento genético, los modelos empresariales y el estímulo de políticas agropecuarias han alterado radical y silenciosamente los sistemas tradicionales productivos. Sin embargo, en lo esencial, se podría además insinuar que la industria lechera ha tenido una gran sensibilidad a las demandas culturales y de mercado en Honduras.

Al mismo tiempo, y aparentemente por primera vez, un estudio logra cuantificar y desglosar emisiones de GEI relacionadas con los sistemas lecheros regionales del país. Esta estructura, su dinámica, desarrollo y futuro uso, podría facilitar no solo una menor desigualdad en métricas ambientales en sistemas ganaderos de pastoreo de corto (Ramírez-Restrepo y Vera 2019), mediano (Ramírez-Restrepo y Vera-Infanzón 2019; Ramírez-Restrepo *et al.* 2019) y largo plazo (Ramírez-Restrepo *et al.* 2020); además, podría asistir y evaluar el efecto de las estrategias públicas y privadas orientadas al crecimiento sostenible de la ganadería y el desarrollo rural.

En este sentido, centrando el análisis en los porcentajes de CH₄, N₂O y CO₂ modelados por el GLEAM-i en Uganda (79,3, 19,6 y 1,1%) (Kiggundu *et al.* 2019) y Pakistán (7,6, 2,8 y 6,6%) (Habib 2018), se indicaría que los sistemas lecheros monitoreados regionalmente en Honduras aparentemente serían más eficientes en términos de emisiones de CH₄ (63%), pero no en la emisión de otros GEI. Una segunda precisión en la consideración del tema se refiere a la reducción en un 21% de las emisiones de GEI/kg de leche en

la FF. Sin embargo, para tener una mejor síntesis evaluativa cabe, además, citar el rango regional de emisiones de GEI/kg de proteína láctea (79-96 kg CO₂-eq), lo que conjuntamente reconoce el alcance productivo del presente estudio y la contribución al avance de conceptos ambientales en zonas rurales locales.

Es evidente que los valores generados acá por kg de proteína láctea son intermedios al rango de 12-140 kg CO₂-eq sugerido por Havlík *et al.* (2014) y Herrero *et al.* (2013), superiores a los 61 kg CO₂-eq reportados en Estados Unidos (Thoma *et al.* 2013) y a los 66,6 kg CO₂-eq, en Costa Rica (Vega 2016). No obstante, los valores reportados por la investigación abarcan el promedio de 81 kg CO₂-eq reportado en Nicaragua por Gaitán *et al.* (2016). Adicionalmente, en comparación con los sistemas PAS, la presente investigación clarificó el impacto de los sistemas MIX a través de una reducción de 39,87 ± 5,32 kg CO₂-eq/kg proteína láctea.

Dicha diferencia, se puede deber a que los sistemas MIX se basan en una oferta alimenticia de mejor calidad, asociada al suministro de concentrados y a una administración ganadera más empresarial. Este efecto es similar al reportado por Gaitán *et al.* (2016) y Molina *et al.* (2018) en sistemas lecheros tropicales, y además es regulado por la estacionalidad climática hondureña que condiciona el manejo del hato y la calidad forrajera y de suplementación, así como las emisiones de CH₄ entérico (Rivera *et al.* 2014). Aun así, se debería tener en cuenta que la mitigación de CH₄ y la sostenibilidad ganadera probablemente se podrían lograr a través de compuestos secundarios de plantas en pastoreo y ramoneo, y en otras presentaciones razonables. Esto podría generar alternativas de adaptación al cambio

climático y aumentar la oferta tecnológica para el mejoramiento de la nutrición de rumiantes. Ramírez-Restrepo y Barry (2005) y Tedeschi *et al.* (2021) abogan por esa continuidad y congruencia.

Recientemente, el IPCC (2019) refinó las metodologías para la elaboración de inventarios de GEI en ALC, indicando factores nivel 1a de 78, 87 y 103 kg CH₄/animal/año para vacas de baja (1250 kg), mediana (2050 kg) y alta producción láctea (3400 kg), respectivamente. Empero, asumir esta estructura en Honduras sería contraproducente, ya que, si bien los sistemas PAS y MIX encajarían en términos de producción, los valores respectivos computados de 49,92 ± 1,76 kg vs. 48,85 ± 1,74 kg CH₄/animal/año para los dos sistemas precluirían el uso de los indicadores de emisión de CH₄.

En promedio las emisiones modeladas de N₂O representaron el 28% de las emisiones totales de GEI, valor coherente con previos reportes globales (Gerber *et al.* 2013; Habib 2018; Kiggundu *et al.* 2019) y en ALC (Gaitán *et al.* 2016; Molina *et al.* 2018). En este contexto, la aplicación y deposición natural del estiércol en las pasturas y cultivos generó el 84% de las emisiones totales de N₂O, coincidiendo con el 82,5% reportado por Kiggundu *et al.* (2019). Cuando se evaluaron las emisiones de N₂O entre la FI y la FF, no solo se determinó que las emisiones derivadas del manejo de la boñiga decrecieron 36%, pero estuvieron acompañadas por mejores dinámicas de uso diario del estiércol.

El rango de emisiones regionales de N₂O (1,82-2,75 kg/animal/año) coinciden con el límite bajo del rango global de emisiones (1,30-12,87 kg) propuesto por Lynch (2019) y con los factores de emisión de 0,4, 4,3 y 2,3 kg para los sistemas de pasto más cultivos, pasturas mejoradas y

silvopastoriles, individualmente reportados por Parra *et al.* (2019). Consecuentemente, es razonable asumir que la reducción en las emisiones de N₂O en la FF y en los sistemas MIX, es debida la combinación de una frecuente distribución de la bosta y una disminución en su almacenamiento (Aguirre-Villegas y Larson 2017; Forabosco *et al.* 2017; Massé *et al.* 2008).

El 75% de las emisiones totales de CO₂ se derivó de la producción, transformación y transporte de piensos. A su vez, esto representó el 9% del total de emisiones de GEI. Congruentemente, el proceso provoca no solo la necesidad de aumentar la calidad y oferta de forrajes frescos, sino que induce, a partir del otro extremo la incorporación de paquetes tecnológicos en forma íntegra que respondan a la importancia relativa de los distintos factores productivos, humanos y económicos en la agricultura moderna. En síntesis, comparados con los sistemas MIX, 103,12 ± 18,74 kg CO₂/animal/año menos fueron emitidos por los sistemas PAS, valores que se comportan de igual forma a los reportados por Rivera *et al.* (2016) en Colombia para sistemas silvopastoriles (589 kg CO₂/animal/año) y lechero convencional (1543 kg CO₂/animal/año). De esta forma, los niveles bajos de emisión de CO₂ en los sistemas PAS se lograrían explicar por la ausencia de suplementación comercial, instalaciones y consumo de energía que la modernización de la producción otorga.

CONCLUSIONES

El estudio combinó información cualitativa y cuantitativa e introdujo el uso del modelo FAO GLEAM-i para analizar el valor productivo y el impacto ambiental de la ganadería lechera respecto a fincas y regiones en Honduras. Comparadas las dos fases de

intervención, se identificaron reducciones en las emisiones de GEI e implícitamente incrementos en la productividad animal mucho más marcados en los sistemas PAS. Implicando con ello que existe una demora en la mejora racional y multidimensional de esos sistemas de pastoreo para prevenir deterioros socioeconómicos, culturales y medioambientales adicionales.

Beneficios relacionados con relevantes políticas y estrategias aplicables en fincas y regiones pueden surgir de la moderada reducción de la vulnerabilidad ambiental, social, económica, política y cultural ante el clima variante. Sin embargo, cualquier propuesta alternativa requerirá, dentro de sus naturales limitaciones, de diálogo, de la colaboración y concertación con los productores, y de la aprobación y la financiación de intervenciones administrativas, de mercado y de manejo animal, para reflejar la productividad y la reducción sustancial de las emisiones de GEI como las acá presentadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Fundación Nippon por la beca para los estudios de Maestría del primer autor. Igualmente, se expresa reconocimiento a Zamorano y al espíritu colaborativo de productores y asistentes técnicos en el proyecto de extensión y transferencia. Finalmente, se agradece a la ingeniera Alexandra Maribel Manueles Lorenzo de la Universidad Zamorano por su apoyo cartográfico.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que los resultados de este estudio no se ven afectados por ningún conflicto de intereses y estamos de acuerdo con la publicación de este manuscrito.

Fuentes de financiación

Para el desarrollo de este trabajo no se recibieron fondos de ninguna entidad.

REFERENCIAS

- Aguirre-Villegas HA, Larson RA. 2017. Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *J Cleaner Prod.* 143:169-179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.133>.
- Alexandratos N, Bruinsma J. 2012. *World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision.* Rome: ESA Working Paper No. 12-03. P.154.
- Bhattacharyya P, Pathak H, Pal S. 2020. *Climate smart agriculture. Concepts, challenges, and opportunities.* Singapore: Springer (Green Energy and Technology).
- Canu FA, Wretling PH, Audia I, Tobar D, Andrade H. 2018. NAMA para un sector ganadero bajo en carbono y resiliente al Clima en Honduras. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Perfil de País: Honduras. Versión 2015. AQUASTAT informes. Roma.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2017. *Global Livestock Environmental Assessment Model-interactive: A tool for estimating livestock production, greenhouse gas emissions and assessing intervention scenarios.* Versión 2.0. Roma: FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), editor. 2019. *FAOSTAT statistics database.* Roma: FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Fonseca C, Rosegrant MW, Fernández M, Sinha A, Alder J, Ahammad H, Fraiture C, Eickhout B, Huang J, Koyama O, Omezzine AM, Pingali P, Ramírez R, Ringler C, Robinson S, Thornton P, van Vuuren D, Yana-Shapiro H. 2009. *Looking into the future for agriculture and AKST.* Washington, D. C: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science, and Technology (IAASTD).
- Forabosco F, Chitchyan Z, Mantovani R. 2017. Methane, nitrous oxide emissions and mitigation strategies for livestock in developing

- countries: A review. *J Anim Sci.* 47(3):268. <https://doi:10.4314/sajas.v47i3.3>.
- Gaitán L, Läderach P, Graefe S, Rao I, Van der Hoek R. 2016. Climate-Smart Livestock Systems: An Assessment of Carbon Stocks and GHG Emissions in Nicaragua. *Plos One.* 11(12): e0167949. <https://doi:10.1371/journal.pone.0167949>.
- Gerber P, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman, J, Falcucci A, Tempio G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISBN: 9789251079218.
- Gerssen-Gondelach SJ, Lauwerijssen RBG, Havlík P, Herrero M, Valin H, Faaij APC, Wicke B. 2017. Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change. *Agric Ecosyst Environ.* 240:135-147. <https://doi:10.1016/j.agee.2017.02.012>.
- Habib G. 2018. Estimation and mitigation of GHG emissions from ruminant livestock in Pakistan. *Anim Prod Sci.* 59(8):1558. <https://doi:10.1071/AN17743>.
- Havlík P, Valin H, Herrero M, Obersteiner M, Schmid E, Rufino MC, Mosnier A, Thornton PK, Böttcher H, Conant RT, Frank S, Fritz S, Fuss S, Kraxner F, A Notenbaert A. 2014. Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proc Natl Acad Sci.* 111(10):3709-3714. <https://doi:10.1073/pnas.1308044111>.
- Herrero M, Havlík P, Valin H, Notenbaert A, Rufino MC, Thornton PK, Blümmel M, Weiss F, Grace D, Obersteiner M. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc Natl Acad Sci.* 110(52):20888-20893. <https://doi:10.1073/pnas.1308149110>.
- Histrov AN, Oh J, Lee C, Meinen R, Montes F, Ott T, Firkins J, Rotz A, Dell C, Adesogan A, Yang W, Tricarico J, Kebreab E, Waghorn G, Dijkstra J, Oosting S. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production: A review of technical options for non-CO₂ emissions. Roma: FAO.
- Holmann F, Argel P, Rivas L, White D, Estrada RD, Burgos C, Perez E, Ramirez G, Medina A. 2004. Degradación de pasturas y pérdidas de productividad animal: Una evaluación económica desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. Costa Rica: ILRI, DICTA, CIAT, CFC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis [Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo]. Ginebra, Suiza: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Suiza: IPCC.
- Instituto Nacional de Estadística (INE), editor. 2008. Encuesta Agrícola Nacional 2007-2008. Tegucigalpa. Honduras.
- Kiggundu N, Ddungu S, Wanyama J, Cherotich S, Mpairwe D, Zziwa E, Mutebi F, Falcucci A. 2019. Greenhouse gas emissions from Uganda's cattle corridor farming systems. *Agric Syst.* 176:102649. <https://doi:10.1016/j.agry.2019.102649>.
- Leip A, Billen G, Garnier J, Grizzetti B, Lassaletta L, Reis S, Simpson D, Sutton M, Vries W de, Weiss F, Westhoek H. 2015. Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environ Res Lett.* 10(11):115004. <https://doi:10.1088/1748-9326/10/11/115004>.
- Lynch J. 2019. Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production: a systematic review. *Environ Impact Assess Rev.* 76:69-78. <https://doi:10.1016/j.eiar.2019.02.003>.
- Marín-López D. 2020. Estimación preliminar productiva y modelada de las emisiones y mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de leche de Honduras. [Tesis de Maestría]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Massé DI, Masse L, Claveau S, Benchaar C, Thomas O. 2008. Methane Emissions from Manure Storages. *Transactions of the ASABE.* 51(5):1775-1781. <https://doi:10.13031/2013.25311>.
- Molina RA, Sánchez H, Mateus D. 2018. Livestock Greenhouse Gases Emissions Under Grazing Conditions in the Tropic Livestock

- Greenhouse Gases Emissions Under Grazing Conditions in the Tropic. *Rev Investig Agrar Ambient.* 10(1):91-106. <https://doi.org/10.22490/21456453.2685>.
- Navas Ríos CL. 1999. Caracterización socioeducativa, evaluativa y comparativa de cuatro comunidades en los Llanos Orientales de Colombia [Tesis de Maestría]. [Medellín, Colombia]. Universidad de Antioquia.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2021. Cambio Climático. Nueva York, Estados Unidos. Disponible en línea en <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>.
- Parra AS, Figueiredo EB, Bordonal RO, Moitinho MR, Teixeira DDB, La Scala N. 2019. Greenhouse gas emissions in conversion from extensive pasture to other agricultural systems in the Andean region of Colombia. *Environ Dev Sustain.* 21(1):249-262. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0034-6>.
- Pérez E, Holmann F, Schuetz P, Fajardo E. 2006. Evolución de la Ganadería Bovina en Países de América Central: Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); International Livestock Research Institute (ILRI).
- Ramírez-Restrepo CA, Barry TN. 2005. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Anim Feed Sci Tech.* 120(3-4):179-201. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.01.015>.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera RR, Rao IM. 2019. Dynamics of animal performance, and estimation of carbon footprint of two breeding herds grazing native neotropical savannas in eastern Colombia. *Agric Ecosyst Environ.* 281:35-46. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.004>.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera-Infanzón RR. 2019. Methane emissions of extensive grazing breeding herds in relation to the weaning and yearling stages in the Eastern Plains of Colombia. *Rev Med Vet Zoot.* 66(2):111-130. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n2.82429>.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera RR. 2019. Bodyweight performance estimated carcass traits and methane emissions of beef cattle categories grazing *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora* and *Stylosanthes capitata* mixed swards and *Brachiaria humidicola* pasture. *Anim Prod Sci.* 56(4):729-750. <https://doi.org/10.1071/AN17624>.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera-Infanzón RR, Rao IM. 2020. Predicting methane emissions, animal-environmental metrics and carbon footprint from Brahman (*Bos indicus*) breeding herd systems based on long-term research on grazing of neotropical savanna and *Brachiaria decumbens* pastures. *Agric Syst.* 184:102892. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102892>.
- Ranjan P, Church P, Floress K, Prokopy S. 2019. Synthesizing Conservation Motivations and Barriers: What Have We Learned from Qualitative Studies of Farmers' Behaviors in the United States? *Soc Nat Resour.* 32(11):1171-1199. <https://doi.org/10.1080/08941920.2019.1648710>.
- Rivera F, Rivera R, Benavides L, Sanchez J, Barahona R. 2014. Análisis de ciclo de vida en la producción de leche: comparación de dos hatos de lechería especializada. *Livestock Res for Rural Dev.* 26(112).
- Rivera J, Barahona R. 2016. Análisis del ciclo de vida para la producción de leche bovina en un sistema silvopastoril intensivo y un sistema convencional en Colombia. *Trop Sub Agroeco.* 19(3):237-251.
- Robinson TP. 2011. Global livestock production systems. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. xiv, 152. ISBN: 9251070334; [consultado el 9 de abr. de 2020]. <http://www.fao.org/3/i2414e/i2414e.pdf>.
- Sánchez B. 2014. Sistemas Silvopastoriles en Honduras: Una Alternativa para Mejorar la Ganadería. Tegucigalpa. Honduras.
- Sanders A, McLean D, Manueles A. 2015. Land Use and Climate Change Impact on the Coastal Zones of Northern Honduras. Sustainability of Integrated Water Resources Management. Springer, Cham. P. 505-530.
- Sanders A, Thomas S, Rios A, Dunston S. 2019. Climate Change, Agriculture, and Adaptation Options for Honduras. The International Food Policy Research Institute (IFPRI). Tegucigalpa, Honduras.
- Statistical Analysis System (SAS). 2019. SAS. 9.4. Cary, NC: SAS Institute.

- Seré C, Stenfield H, Groenewold J. 1996. World livestock production systems: Current status, issues and trends. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Tedeschi LO, Muir JP, Naumann H, Norris A, Ramírez-Restrepo CA, Talcott S. 2021. Nutritional and methodological aspects of ecologically relevant phytochemicals in ruminant production. *Front Vet Sci*, 8:685262. <https://www.readcube.com/articles/10.3389/fvets.2021.628445>. DOI: 10.3389/fvets.2021.628445.
- Thoma G, Popp J, Nutter D, Shonnard D, Ulrich R, Matlock M, Kim DS, Neiderman Z, Kemper N, East C, Adom F. 2013. Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. *Int Dairy J*. 31:S3-S14. <https://doi:10.1016/j.idairyj.2012.08.013>.
- Thompson LR, Rowntree JE. 2020. Invited Review: Methane sources, quantification, and mitigation in grazing beef systems. *Appl Anim Sci*. 36, 4:556-573. <https://doi:10.15232/aas.2019-01951>.
- Thornton PK. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos. Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 365(1554):2853-2867. <https://doi:10.1098/rstb.2010.0134>.
- Tobar D, Vega A, Jiménez JA, Díaz R, Sepúlveda C. 2017. Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras. Tegucigalpa, Honduras: NCF, CATIE, FONTAGRO, UNEP DTU Partnership.
- Vega A. 2016. Análisis de herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) y su aplicación en sistemas de producción doble propósito en fincas ganaderas de la cuenca del río Jesús María, Costa Rica. Tesis de Maestría en Ciencias. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Weißhuhn P, Helming K, Ferretti J. 2018. Research impact assessment in agriculture—A review of approaches and impact areas. *Res Eval*. 27(1):36-42. <https://doi:10.1093/reseval/rvx034>.
- Wright IA, Tarawali S, Blümmel M, Gerard B, Teufel N, Herrero M. 2012. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *J Sci Food Agric*. 92(5):1010-1015. <https://doi:10.1002/jsfa.4556>.
- Zaman M, Heng L, Müller C. 2021. Measuring Emission of Agricultural Greenhouse Gases and Developing Mitigation Options using nuclear and related techniques. Cham: Springer International Publishing.

Forma de citación del artículo:

Marín-López D, Matamoros-Ochoa IA, Ramírez-Restrepo CA. 2022. Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras. *Rev Med Vet Zoot*. 69(1): 46-62. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101526>

Evaluation of chemical silage on egg quality parameters in ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus domesticus*)

Y. S. Gaviria¹, L. F. Londoño², J. E. Zapata^{3*}

Recibido: 15 de octubre de 2020. Aprobado: 18 de agosto de 2021.

ABSTRACT

In this study we evaluated the inclusion of chemical silage from red tilapia viscera (*Oreochromis* sp.) in diets for ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus domesticus*) and its influence on nutritional parameters and egg quality. A total of 56 16-week-old laying hens were randomly divided into two groups (one per diet), which in turn were subdivided into 7 groups, each with 4 birds. Eggs were collected during the first 13 weeks of laying. During this period the egg quality parameters were evaluated until week 11; the bromatological characterization of the egg was carried out in the 2nd and 4th week of laying. The results indicated that the inclusion of chemical silage in 17,18% dry matter does not result in statistically significant differences in egg quality parameters or in their bromatological composition, with respect to the control. This led to the conclusion that chemical silage can be used as an alternative to protein inputs such as fish meal and soy-bean cake in the diet of laying hens, without modifying the quality of the final product.

Keywords: chemical silage, red tilapia, Haugh units, laying hen.

Evaluación del ensilado químico sobre los parámetros de calidad del huevo en gallinas ponedoras de la línea ISA Brown (*Gallus gallus domesticus*)

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la inclusión de ensilado químico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en dietas para gallinas ponedoras (*Gallus gallus domesticus*) de la raza Isa-Brown, y su influencia sobre parámetros nutricionales y la calidad del huevo. Se utilizó un total de 56 gallinas ponedoras de 16 semanas de edad divididas al azar en dos grupos (uno por dieta), los cuales a su vez se subdividieron en 7 grupos de 4 aves cada uno. Se les recolectó huevos durante las primeras 13 semanas de postura. Durante este periodo se realizó la evaluación de los parámetros de calidad del huevo hasta la semana 11. La caracterización bromatológica del huevo se realizó en las semanas 2 y 4, luego de haber sido puestos. Los resultados indicaron que la inclusión de ensilado químico en un 17,18% materia seca, no genera diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en

¹ Grupo de investigación en nutrición y tecnología de alimentos, NUTEC, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia (Colombia).

² Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Antioquia (Colombia).

³ Grupo de investigación en nutrición y tecnología de alimentos, NUTEC, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia (Colombia). edgar.zapata@udea.edu.co

los parámetros de calidad del huevo ni en su composición bromatológica, con respecto al control. Esto permitió concluir que el ensilado químico puede ser usado como alternativa a insumos proteicos como harina de pescado y torta de soya en la alimentación de gallinas ponedoras, sin modificar la calidad del producto final.

Palabras clave: ensilado químico, tilapia roja, unidades Haugh, gallina ponedora.

INTRODUCTION

World fish production has shown sustained growth in recent decades, reaching 171 million tons in 2016, of which 86% was for direct human consumption (FAO 2018). In Colombia the fish farming sector in 2017 showed a growth in production of 9% with a total of 120,230 tons, with the red tilapia species contributing the most (62%), followed by white cachama (16%), silver tilapia (14%), trout (5%), and other species (3%) (Ministerio de Agricultura 2017). This growth is accompanied by an equivalent volume of waste, which can cause significant environmental impacts as it represents between 60-70% (w/w) of total production (Martínez-Álvarez *et al.* 2015; Suarez *et al.* 2018). Despite being important sources of protein, this waste is most often discarded without any attempt of recovery. However, this waste can be used for animal feed, to obtain fishmeal, fats, or fertilizers, among other uses (Chalamaiah *et al.* 2012).

One of the processes for the recovery of nutrients from fish by-products that is currently in use is silage (Suarez *et al.* 2018). This process involves the addition of acids, enzymes or lactic acid bacteria to the raw fish or its parts, causing a decrease in pH and liquefaction of the mass by the effect of endogenous enzymes, which act under acidic conditions (Fernández Herrero *et al.* 2013). The product obtained is a paste-like semi-liquid, greyish brown in color, with a characteristic fishy smell. This product provides partially hydrolyzed

proteins, with nutritional properties very similar to those of the fish from which it is derived (Botello 2010).

The poultry industry is one of the fastest growing and most flexible of all livestock sectors. Driven primarily by strong demand, it has expanded, consolidated, and globalized over the past 15 years in countries at all levels of development (FAO 2013). However, the high cost of poultry feed is one of the main problems in the production chain, since approximately 95% of it is used to meet protein and energy needs, with fishmeal and soybean cake being the main sources of protein and cornmeal the main source of energy (Ravindran 2013). Egg is one of the most complete and easily accessible foods of animal origin. However, establishing the specifications and quality control of eggs for human consumption is not an easy problem to solve, since it involves numerous factors, diet being one of the principals (Andrade-Yucailla *et al.* 2015). Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect on egg quality parameters of the inclusion of chemical silage from red tilapia viscera (*Oreochromis sp.*) in diets for laying hens of the Isa Brown breed.

MATERIALS AND METHODS

The red tilapia viscera (*Oreochromis sp.*) were supplied by the El Gaitero fish farm, located in the municipality of San Jerónimo, Antioquia (Colombia). Immediately after gutting, they were

taken to the laboratory, where they were defatted by heating them to 67°C for 30 minutes, letting the temperature drop to 45°C, decanting the fat, and then freezing them (-18°C) for 24 hours. This achieves a better oil separation, as the phases solidify separately (Arias *et al.* 2017). Subsequently, the lipid phase was separated from the frozen watery phase (rich in protein). The latter was crushed by a blade mill to homogenize it, then mixed with 0,03% sulfuric acid at 97% (Merck, Germany) and 1,16% formic acid at 85% (Merck, Germany) to start the hydrolysis and acidification process. Subsequently, BHT (Butylated hydroxytoluene) (Tecnas S. A., Colombia) and potassium sorbate (Tecnas S. A., Colombia) were added as antioxidant and preservative, respectively. Finally, the mixture was stored at 25°C for a period of 8 days. During this time the product was homogenized through agitation and pH checks were made every two days until it stabilized.

Bird feeding

In this study, 56 16-week-old laying hens (*Gallus gallus domesticus*) of the breed Isa Brown were randomly divided into two equal groups called control (DC) and silage (DE), which were further subdivided into 7 groups with 4 birds each, which were fed from week 16 to week 32. The isoproteic diets were developed following the nutritional requirements established in the Brazilian tables for poultry feeding (table 1) (Rostagno *et al.* 2011). The DC group was fed with a diet in which protein source was conventional materials such as fish meal and soybean cake, while the DE group was fed with a diet that contained 42% of the protein from red tilapia (*Oreochromis sp.*)

silage. The birds were fed twice a day (morning and afternoon) with a 90 g/day ration for each bird, and a constant supply of water.

TABLE 1. Composition and bromatological analysis of the diets

Raw materials	DC	DE
	(%)	(%)
Fish meal	13	10,06
Soybean meal	16,00	6,82
Corn meal	39	39,27
Rice flour	16	13
Fish viscera silage	0	17,18
Fish oil	4	0
Calcium carbonate	8	8,05
Dicalcium phosphate	2,50	4,02
Vit. min. supplement ¹	0,50	0,40
Lysine	0,25	0,30
Methionine	0,25	0,30
Tryptophan	0,25	0,30
Threonine	0,25	0,30
Chemical composition		
Protein	20,30	20,60
Crude fiber	2,70	2,20
CHO	37,66	36,21
Crude fat	9	7,09
Energy content	3600	3500
Calcium	4	4,06
Phosphorus	0,90	1,10

¹Mineral vitamin supplement (composition per 250 g of product): vit. A - 1.400.000 IU; vit. B1 - 500 mg; vit. B12 - 300 mg; vit. B2 = 500 mg; vit. B6 - 1,6 g; vit. D3 - 2.500.000 IU; vit. E - 6000 IU; vit. K3 = 1000 mg; biotin - 30 mg; niacin - 12 g; folic acid - 1 g; cobalt - 50 mg; Copper - 3000 mg; Iron - 25 g; Iodine - 500 mg; Manganese - 32,5 g; Selenium - 100,50 mg; Zinc - 22,49 g Source: self-made.

Ethics committee approval

This research was approved by the Ethics Committee for Animal Experimentation of the Universidad de Antioquia (Act. 103 May 10-2016).

Physical-chemical and microbiological analysis

The physicochemical characterization of the silage and the eggs was done according to specifications established by the AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2000). The moisture content was determined by the methodology set out in standard 930,15 by drying the sample at 105°C for 8 hours. The protein was determined by the Kjeldahl method, standard 954,01. The ashes were analyzed according to standard 942,05. The fat was analyzed according to standard 920,39. The carbohydrate determination was carried out by subtracting the other components mentioned above from 100% of the sample (Spanopoulos-Hernandez *et al.* 2010). The physicochemical analyses of the eggs were carried out at the 2nd and 4th week of laying.

The microbiological analyses were determined according to the Colombian Technical Standard NTC 3688 (ICONTEC 1999), which establishes the analysis of aerobic mesophilic, total and fecal coliforms, *Salmonella* spp. *Clostridium* sulphite, reducing spores and molds and yeasts for this type of substrate.

Egg quality assessment

Different analyses of some components were carried out to determine the quality of the egg, which are described below.

The egg weight was determined by means of a 1 g precision analytical scale, model TxB220-1L (Shimadzu, Japan). Weights were measured daily for 13 weeks. The shape and symmetry of the egg was

determined by measuring the longitudinal and transverse diameter, using a vernier caliper (Guerra Morales & Molina Díaz 2016). Haugh units are an international measurement for determining egg quality and freshness by relating egg weight in grams (p) and albumen height in millimeters (h). Based on these measurements, the units are calculated from the following equation (Suárez-Cardoso *et al.* 2016):

$$UH = 100 \log (h - 1,7p^{0,37} + 7,6)$$

Shell thickness was determined using a 0,0001 mm precision digital micrometer (Surtek, China). Shell hardness was determined using an EZ-SX texturizer (Shimadzu, Kyoto), using a 500 Newton (N) load cell and a speed of 100 mm/min until complete breaking of the eggshell was achieved.

Statistical analysis

The data collected were evaluated by hypothesis testing to determine mean differences of egg quality variables using Fisher's LSD (least significant difference) test, and the Statgraphics Centurion XVI software, with a 95% confidence level.

RESULTS AND DISCUSSION

Bromatological composition of the silage

Table 2 presents the proximal composition of the viscera and its silage. The protein and lipid composition of the viscera is typical for this species (Arias *et al.* 2017; Suarez *et al.* 2018). On the other hand, the values in the silage tend to be higher than those found for acid silage from freshwater fish waste with 44,38% protein on dry basis (Vidotti *et al.* 2003) and that of organic tuna silage (*Thunnus albacares*) with 30,52% crude protein (Spanopoulos-Hernandez *et al.* 2010).

TABLE 2. Bromatological composition of the viscera and viscera silage from red tilapia (*Oreochromis* sp.)

	Fresh viscera (%)	Chemistry silage (%)
Moisture	61,36 ± 0,29	82,73 ± 0,10
Crude protein	10,45 ± 0,10	50,89 ± 0,51
Carbohydrates	2,56 ± 0,09	0,48 ± 0,04
Crude fat	85,24 ± 0,04	39,78 ± 0,13
Ash	1,75 ± 0,04	8,85 ± 0,02

Source: self-made.

Regarding the silage, the typical characteristics were obtained with a semi-liquid paste-like consistency, a greyish brown color, and a characteristic fishy smell (Botello 2010; Suarez *et al.* 2018). Its nutritional composition makes it an ideal input for animal feed (Botello 2010). Proteins and lipids from tilapia silage residues have been used for feeding mainly herbivorous and omnivorous species, with satisfactory results, being used as a partial substitute for fishmeal (Goosen *et al.* 2014; Güllü *et al.* 2014), which is the most widely used source of animal protein in animal feed, precisely because of its digestibility and protein content (Chalamaiah *et al.* 2012). Thus, this research is part of the current trend of evaluating the effects of using mixtures from fish sources to reduce the environmental impact generated by fish farming (Smárason *et al.* 2017; Suárez *et al.* 2018).

For the DE diet, 43,4% of the wet chemical silage was included. This was a considerable fraction of the formulation, which corresponds to 17,8% on dry basis; this percentage represents a substitution of 57,37 and 23% of soybean cake and fishmeal, respectively. Different studies have used values around 15% of silage with similar physical-chemical parameters

of protein and fat, in tilapia feed (Llanes *et al.* 2010), which is important to highlight because in this case the use of silage would be maximized.

On the other hand, the microbiological evaluation of the chemical silage is shown in table 3. These values are within those established by the Colombian Agricultural Institute's guidelines for raw materials and inputs for animal feed (ICA 1999), which indicate that chemical silage from tilapia viscera can be used as an input in the preparation of feed for ISA Brown line laying hens without causing any condition or pathology.

TABLE 3. Microbiological characterization of the red tilapia (*Oreochromis* spp.) viscera silage

	Result	Reference
Mesophilic aerobic (ufc/ml)	5 × 10 ²	10 × 10 ⁵
Total coliforms (ufc/ml)	3,5 × 10 ¹	10 × 10 ⁴
Fecal coliformes	Absence	Absence
<i>Salmonella</i> spp.	Absence	Absence
Spore <i>Clostridium</i>	Absence	20 × 10 ¹
Molds and yeasts (ufc/ml)	8,2 × 10 ¹	10 × 10 ⁴

Source: self-made.

Egg quality

Figure 1 presents the behavior of egg weight as a function of time for the two diets evaluated. It is observed that in the first 11 weeks of laying the egg weight had no statistically significant difference between the DC and DE diets ($P > 0,05$). In both the weight presents a constant increase as a function of time. Same result has already been reported by Padhi *et al.* (2013), who concluded that the egg increases in weight until week 52. Between week 12 and 13 the silage diet achieved a significant increase ($P < 0,05$) in egg weight over the control

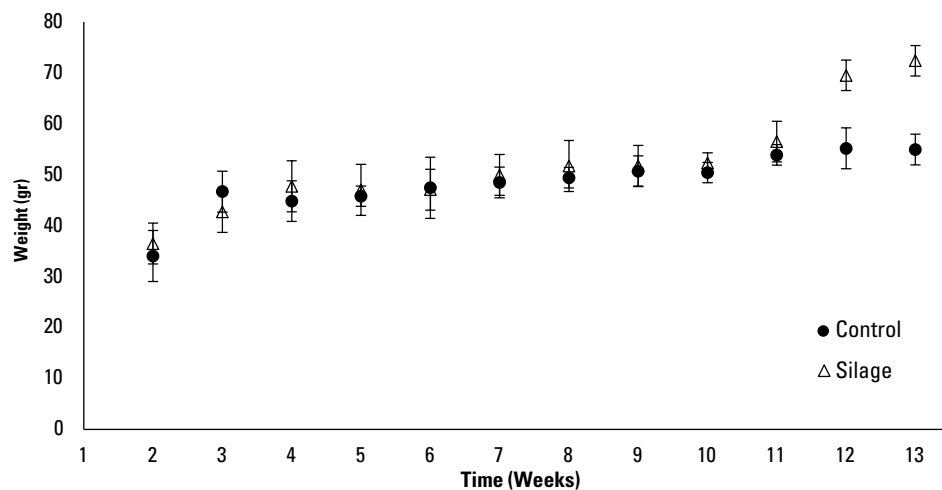


FIGURE 1. Egg weight as a function of time during feeding of ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus domesticus*)

Source: self-made.

TABLE 4. Egg size and shell thickness according to diet

Weeks	Silage				Control			
	Ø Cross (m)10 ⁻³	Ø Longitudinal (m)10 ⁻³	shell thickness (m)10 ⁻⁶	U. Haugh	Ø Cross (m)10 ⁻³	Ø Longitudinal (m)10 ⁻³	shell thickness (m)10 ⁻⁶	U. Haugh
1	39,25	49,50	503,88	82,82	39,08	50,08	557,33	69,71
3	40,33	51,16	490,33	80,75	41,00	53,55	518,88	64,54
5	40,50	50,16	536,88	82,31	40,83	50,33	538,11	80,72
7	40,83	52,33	561,00	82,29	42,50	50,83	553,88	85,90
9	42,98	53,75	489,55	86,32	41,68	53,49	532,11	83,02
11	41,14	53,49	564,11	83,84	39,83	50,58	552,11	79,58
Average	40,84	51,40	524,29	83,05	40,82	51,47	542,07	77,25
SD*	1,23	1,52	34,25	1,88	1,23	1,60	15,00	3,29
CV (%)	3,01	2,96	6,53	2,26	3,01	3,11	2,76	4,26

*SD: Standard deviation.

Source: self-made.

diet. Similar weights were obtained by Batalha *et al.* (2018), who used a lower silage substitution, which may indicate that using higher concentrations of silage does not significantly affect the weight of eggs over time, on the contrary, this substitution could favor it, mainly because of the quality of lipid levels in the diet, since yolk formation and laying depend significantly on energy and lipid levels in the ovary (Chen 2003; Coorey *et al.* 2015; Zhou *et al.* 2008).

Table 4 shows the longitudinal and transverse diameters of the eggs for both diets as a function of time. Longitudinal and transverse diameter are directly associated with egg weight, i. e. heavier eggs tend to have larger diameters and vice versa (Andrade-Yucailla *et al.* 2015). This trend was observed in the last weeks of experimentation, in which eggs from the group of hens fed the silage diet, which have heavier eggs, and larger transverse and longitudinal diameter measurements compared to eggs from hens fed with the control diet (53×10^{-3} m vs. 50×10^{-3} m). These results coincide with those reported by García Moreno *et al.* (2016). These authors reported that the productivity of the commercial layer is influenced by body weight, which affects not only the number and weight of eggs, but also their size distribution (García Moreno *et al.* 2016). Similar results were reported by Juárez-Caratachea *et al.* (2010), who determined the egg quality in Michoacan-México, obtaining transverse and longitudinal diameters from 53×10^{-3} m to 58×10^{-3} m, and 40×10^{-3} m to 43×10^{-3} m, respectively (Juárez *et al.* 2010).

Another variable in the egg quality is the shell thickness (table 4). This variable is used as an indicator of quality in the egg (Stadelman *et al.* 1995) because it supports

and preserves the other structural parts of it. Likewise, it is the first physical protection barrier against mechanical damage (Nys & Guyot 2011). This variable did not present significant statistically differences ($P < 0,05$) between the two study groups, indicating that the substitution of protein raw materials by silage from red tilapia viscera did not cause any effect on the thickness of the shell, coinciding with what was reported by Silva *et al.* (2017), who did not find significant differences in this variable. In their study, they replace soybean cake with fish waste meal in a proportion of 1 to 4%. However, these results were lower than those of the present study (382×10^{-6} m vs. 564×10^{-6} μ m).

Haugh units (table 4) are an important indicator of egg quality. They are used as an index of freshness in the egg. A higher value of this parameter indicates a higher freshness index (Instituto de Estudios del Huevo 2009). Table 4 shows the values obtained from Haugh units in this study, according to diet and laying weeks. There were statistically significant differences regarding diet ($p < 0,05$), with silage diet values being higher than those found for the control diet. This indicate that the inclusion of chemical silage from red tilapia viscera presented a beneficial effect on this quality variable, indicating a higher level of freshness. Similar data was reported by Batalha *et al.* (2018), using different levels of Pirarucu silage substitution (0,3 to 3%), without presenting statistically significant differences with the increase in silage substitution (Batalha *et al.* 2018), which can be corroborated in this study where a 17,8% substitution was used.

Figure 2 shows the behavior of shell hardness as a function of time, for the two diets studied. There were no statistically significant differences ($p < 0,05$)

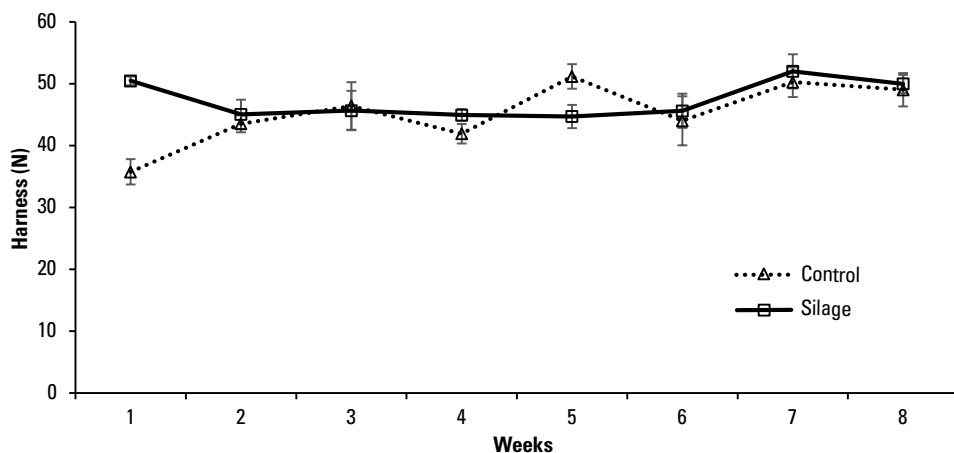


FIGURE 2. Egg hardness as a function of time during feeding of ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus domesticus*)
Source: self-made.

TABLE 5. Composition and bromatological analysis of the egg according to diet

		Week			
		2		4	
	Sample	White	Yolk	White	Yolk
Protein (%)	Control	88,02 ^a	30,37 ^a	84,94 ^a	30,01 ^a
	Silage	86,03 ^b	29,98 ^a	86,22 ^b	31,30 ^a
Moisture (%)	Control	85,37 ^a	53,58 ^a	85,96 ^a	50,38 ^a
	Silage	85,67 ^a	53,44 ^a	84,78 ^b	57,98 ^a
Fat (%)	Control	-	57,29 ^a	-	58,60 ^a
	Silage	-	57,61 ^a	-	64,40 ^a
Ash (%)	Control	4,79 ^a	3,79 ^a	4,15 ^a	3,56 ^a
	Silage	5,56 ^a	3,85 ^a	4,99 ^a	3,59 ^a

Source: self-made.

Means within a row for experimental samples without a common superscript differ (P < 0.05).

between the two diets, nor in each of them over time. These values are within the theoretical ranges established in several studies, such as the one carried out by Guard-Bouldin *et al.* (2006) and Clerici *et al.* (2006), who reported shell hardness values between 30 N to 41 N for both studies (Clerici *et al.* 2006; Guard-Bouldin & Buhr 2006).

Regarding the physicochemical composition of the egg white and yolk (table 5), where different letters in the same column indicate the presence of statistically significant differences (p < 0,05) between the two diets evaluated, it was observed that only the protein variable of the egg white presented statistically significant differences (p < 0,05). This is

similar to the results reported by Seibel & Souza-Soares (2004), whose study was carried out using fish silage in percentages that varied between 5 and 10% in quail feeding. However, these authors obtained higher protein values compared to those found in this study (94% vs. 88%). On the other hand, in the control and silage groups (table 5), an increase of 57 to 64% in the concentration of fat in the egg yolk was observed in favor of the silage group, which indicates that this may favor the synthesis of lipids for egg yolk formation (Seibel & Souza-Soares 2004). However, other authors such as Anderson (2013) and Toyos Vargas (2016) found values lower than those found in this study for fat in white and brown chicken egg yolks, with results between 35 and 40%, respectively. These differences may be due to the type of viscera and processes used to obtain the silage, which was made from squid and hatchet fish. However, it is important to mention that laying birds require twice as many lipids in the liver to promote yolk formation and thus the increase in egg laying (Chen 2003; Coorey *et al.* 2015).

On the other hand, according to table 5, the crude protein level in the yolk was 30,37 and 29,98% for the control and silage group, respectively. These two diets did not present significant differences ($p < 0,05$) in the weeks of the analysis. However, these results contrast with those of Grobas & Mateos (1996), who obtained higher protein values between 49 and 46% in laying birds. Regarding the ash, around 4% for both groups (table 6), this result is consistent with other authors such as Benjumea (2010) y Ramírez *et al.* (2013), who obtained similar values in feeding Hy-Line-Brown and quail line laying hens, respectively.

CONCLUSIONS

Chemical silage from red tilapia (*Oreochromis* sp.) viscera has the necessary bromatological and microbiological characteristics to be used as a protein input in the design of diets for laying hens. The use of this silage in the feeding of ISA Brown line laying hens does not affect the quality parameters of the egg, which indicates that it can be used as an alternative input to conventional protein raw materials such as fishmeal and soybean cake.

ACKNOWLEDGEMENTS AND FUNDING

The authors are grateful for the financial support provided by the Comité para el Desarrollo de la Investigación en la Universidad de Antioquia (CODI) through sustainability program and COLCIENCIAS (Project Code 111574558746).

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest with respect to the work presented here.

REFERENCES

- Anderson KE. 2013. Comparison of fatty acid, cholesterol, vitamin A and E composition, and trans fats in eggs from brown and white egg strains that were molted or nonmolted. *Poult Sci.* 92(12):3259-3265. doi:10.3382/ps.2013-03377.
- Andrade-Yucailla V, Vargas-Burgos JC, Lima-Orozco R, Moyano J, Navarrete H, López J, Sánchez J. 2015. Características físicas del huevo de gallina criolla y campera (*Gallus gallus domesticus*) en la región amazónica del Ecuador. *Actas Iberoam Conserv Anim.* 6(October):49-59.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition. Washington,

- USA: Association of Official Analysis Chemists International.
- Arias L, Gómez LJ, Zapata JE. 2017. Efecto de temperatura-tiempo sobre los lípidos extraídos de Vísceras de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) utilizando un proceso de calentamiento-congelación. *Inf Tecnol.* 28(5):131-142. doi:10.4067/s0718-07642017000500014.
- Batalha O de S, Alfaia SS, Cruz FGG, Jesus RS, Rufino JPF, Silva AF. 2018. Pirarucu by-product acid silage meal in diets for commercial laying hens. *Rev Bras Cienc Avic.* 20(2):371-376. doi:10.1590/1806-9061-2017-0518.
- Benjumea C. 2010. Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea hy-line brown en tres modelos de producción piso, jaula y pastoreo. *Rev Cienc Anim.* 3:9-22.
- Botello AJ. 2010. Conservación in Vitro de Tres Ensilajes de Pescado (*Opisthonema Oglinum*) Caracterización Físico-Química. *Rev Electrónica Granma Cienc.* 14(1027-975X):1-15.
- Chalamaiah M., Hemalatha R., Jyothirmayi T. 2012. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food Chem.* 135:3020-3038.
- Chen C. 2003. Effect of adding Chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *Int J Poult Sci.* 3:214-219. DOI: 10.3923/ijps.2003.214.219.
- Clerici F, Casiraghi E, Hidalgo A, Rossi M. 2006. Evaluation of eggshell quality characteristics in relation to the housing system of laying hens. (August):98-103.
- Coorey R, Novinda A, Williams H, Jayasena V. 2015. Omega-3 Fatty Acid Profile of Eggs from Laying Hens Fed Diets Supplemented with Chia, Fish Oil, and Flaxseed. *J Food Sci.* 80(1):S180-S187. doi:10.1111/1750-3841.12735.
- FAO. 2013. Revisión del Desarrollo Avícola [internet] [citado en 2022, 06 de marzo]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5600s/y5600s00.pdf>.
- Fernández Herrero A, Tabera A, Agüeria D, Manca E. 2013. Obtención, caracterización microbiológica y físico-química de ensilado biológico de anchoita (*Engraulis anchoita*). *Rev Electrónica Vet.* 14(1695-7504).
- García Moreno D, Colas M, López W, Pérez E, Sánchez A, Lamazares M, Grandía R. 2016. El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas White Leghorn L33. *Rev la Fac Med Vet y Zootec.* 63(3):188-200. doi:10.15446/rfmvz.v63n3.62714.
- Goosen NJ, de Wet LF, Görgens JF, Jacobs K, de Bruyn A. 2014. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Anim Feed Sci Technol.* 188:74-84. doi:10.1016/j.anifeedsci.2013.10.019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.019>.
- GroBas S, Mateos G. 1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de Especialización FEDNA, España.
- Guard-Bouldin J, Buhr RJ. 2006. Evaluation of eggshell quality of hens infected with *Salmonella enteritidis* by application of compression. *Poult Sci.* 85(1):129-135. doi:10.1093/ps/85.1.129.
- Guerra Morales JL, Molina Diaz RG. 2016. Evaluación de la calidad del huevo procedente de tres distribuidoras como propuesta para estandarización de parámetros de calidad del mercado Hondureño. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Güllü K, Acar Ü, Tezel R, Yozukmaz A. 2014. Replacement of fish meal with fish processing by-product silage in diets for the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Pak J Zool.* 46(6):1697-1703.
- Icontec. 1999. NTC 3688 Alimentos para animales. 1.
- Instituto Colombiano de Agricultura (ICA). 1999. Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas. Colombia.
- Instituto de estudios del huevo. 2009. El gran libro del huevo. Madrid: Editorial Everest S. A.
- Juárez A, Gutiérrez E, Segura J, Santos R. 2010. Calidad del Huevo de Gallinas Criollas Criadas En Traspatio En Michoacán, México. *Trop Subtrop Agroecosystems.* 12(1):109-115.

- Llanes JE, Bórquez A, Toledo J, De ML. 2010. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*). *Zootec Trop.* 28:499-505.
- Martínez-Alvarez O, Chamorro S, Brenes A. 2015. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. *Food Res Int.* 73(1069):204-212. doi:10.1016/j.foodres.2015.04.005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.005>.
- Ministerio de Agricultura. 2017. Cadena de la Acuicultura 2017 [internet]. Bogotá. [citado 2022, 06 de marzo] Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/002%2520-%2520Cifras%2520Sectoriales/002%2520-%2520Cifras%2520Sectoriales%2520-%25202017%2520%2520Junio%2520Acuicultura.pptx&ccd=1&chl=es-419&ct=clnk&gl=co>.
- Nys Y, Guyot N. 2011. Egg formation and chemistry. Woodhead Publishing Limited. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-84569-754-9.50006-1>.
- Ramírez JCR, Ibarra JI, Romero FA, Ulloa PR, Ulloa JA, Matsumoto KS, Cordoba BV, Manzano M ángel M. 2013. Preparation of biological fish silage and its effect on the performance and meat quality characteristics of quails (*Coturnix coturnix* japonica). *Brazilian Arch Biol Technol.* 56(6):1002-1010. doi:10.1590/S1516-89132013000600016.
- Ravindran V. 2013. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo—Avances en la nutrición de las aves de corral. *FAO*:1-4.
- Rostagno HS, Texeira LF, Lopez J, Cezar P, Flávila de Oliveira R, Clementino D, Soares A, Lluiz de Toledo S, Frederico R. 2011. Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos. 157-166.
- Seibel NF, Souza-Soares LA. 2004. Efeito do resíduo de pescado sobre as características físicas e químicas de ovos de codornas armazenados em diferentes períodos. *Semin Ciências Agrárias.* 25(1):35-44.
- Silva AF, Cruz FGG, Rufino JPF, Miller WMP, Flor NS, Assante RT. 2017. Fish by-product meal in diets for commercial laying hens. *Acta Sci Anim Sci.* 39(3):273-279. doi:10.4025/actascianimsci.v39i3.34102.
- Smárason BÖ, Ögmundarson Ó, Árnason J, Björnsdóttir R. 2017. Life Cycle Assessment of Icelandic Arctic Char Fed Three Different Feed Types. *Turkish J Fish Aquat Sci.* 17(1303-2712):79-90. doi:10.4194/1303-2712-v17.
- Spanopoulos-Hernández M, Ponce-Palafox JT, Barba-Quintero G, Ruelas-Inzunza JR, Tiznado-Contreras MR, Hernández-González C, Shirai K. 2010. Production of biological silage from fish waste, the smoked yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and fillet of tilapia (*Oreochromis* sp), for feeding aquaculture species. *Rev Mex Ing Quim.* 9(2):167-178. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79960206448&partnrID=40&md5=aebc679ffc5dec73f2cd9d052af5db5c>.
- Stadelman WJ, Newkirk D, Newby L. 1995. Egg Science and Technology. 4th ed. Boca Raton: Group T and F.
- Suárez-Cardoso D, Ríos-Cruz K, Peñuela-Sierra L, Castañeda-Serrano R. 2016. Utilización de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Saligny, 1826) en la alimentación de gallinas ponedoras. *Boletín científico Cent Museos Mus Hist Nat.* 20(1):43-51. doi:10.17151/bccm.2016.20.1.4. [http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Boletin\(20\)1_4.pdf](http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Boletin(20)1_4.pdf).
- Suárez LM, Montes JR, Zapata JE. 2018. Optimización del Contenido de Ácidos en Ensilados de Vísceras de Tilapia Roja (*Oreochromis* spp.) con Análisis del Ciclo de Vida de los Alimentos Derivados. *Inf tecnológica.* 29(6):83-94. doi:10.4067/s0718-07642018000600083.
- Toyes Vargas EA. 2016. Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras. La Paz, Baja California Sur: Centro de investigaciones biológicas del noroeste.
- Vidotti RM, Viegas EMM, Carneiro DJ. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Anim Feed Sci Technol.* 105(1-4):199-204. doi:10.1016/S0377-8401(03)00056-7.
- Zhou E, Pan X, Tian X. 2008. Application Study of Xylo-oligosaccharide in Layer Production. *Mod Appl Sci.* 3(1):103-107. doi:10.5539/mas.v3n1p103.

Forma de citación del artículo:

Gaviria YS, Londoño LF, Zapata JE. 2022. Evaluation of chemical silage on egg quality parameters in ISA Brown line laying hens (*Gallus gallus domesticus*). Rev Med Vet Zoot. 69(1): 63-74. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101537>

Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión

*D. C. Naspirán-Joja*¹, *A. G. Fajardo-Rosero*^{2*}, *M. Ueno-Fukura*³,
L. F. Collazos-Lasso^{4*}

Recibido: 14 de septiembre de 2020. Aprobado: 17 de agosto de 2021

RESUMEN

La acuicultura tradicional se enfrenta a serios problemas medioambientales, particularmente por el uso de grandes volúmenes de agua, con las consecuentes descargas de efluentes ricos en nutrientes inorgánicos y partículas orgánicas. Un ejemplo claro de esto está en que del 20 al 30% del nitrógeno presente en la proteína del alimento suministrado es aprovechado por los peces, el restante 70-80% es desechado en el cuerpo de agua producto de la excreción y el alimento no consumido, lo que favorece la eutrofización de aguas receptoras y su entorno. Por lo anterior, se requiere el desarrollo de tecnologías y prácticas de producción innovadoras, responsables, sostenibles y rentables. Una de las alternativas que está generando interés, debido a sus implicaciones ambientales, económicas y sociales, es la producción en sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA). Este concepto se basa en la integración de diferentes niveles tróficos en un mismo sistema, lo que resulta en una conversión de los residuos de cultivo de unas especies en alimentos o fertilización para otras especies. Aplicada, la producción IMTA puede mejorar la sostenibilidad de la acuicultura al reducir el impacto de los efluentes y generar mayor rentabilidad económica, debido a la producción simultánea de dos o más productos finales y al uso mínimo de fertilizantes. El objetivo de la presente revisión es presentar los fundamentos básicos de los sistemas de IMTA, como una alternativa a los sistemas de producción en piscicultura.

Palabras clave: IMTA, nutrientes, organismos, producción, sostenibilidad, acuicultura.

Prospects for sustainable production in integrated multitrophic aquaculture (IMTA): a review

ABSTRACT

Traditional aquaculture faces serious environmental problems, particularly due to the use of large volumes of water, with the consequent discharge of effluents rich in inorganic nutrients and organic particles. A clear example of this is that only 20 to 30% of the

¹ Universidad de Nariño, programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Torobajo, calle 18, carrera 50. San Juan de Pasto, Nariño (Colombia).

² Universidad de Nariño, programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Torobajo, calle 18, carrera 50. San Juan de Pasto, Nariño (Colombia). diana.2305@hotmail.com

³ Grupo de investigación IALL, Instituto de acuicultura de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (FCARN), Universidad de los Llanos, Km 12, vía Puerto López, sede Barcelona, Villavicencio, Meta (Colombia).

⁴ Grupo de investigación IALL, Instituto de acuicultura de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (FCARN), Universidad de los Llanos, Km 12, vía Puerto López, sede Barcelona, Villavicencio, Meta (Colombia). lcollazos@unillanos.edu.co

nitrogen present in the protein of the supplied food is used by the fish. The remaining 70 to 80% is disposed of in the water body as a result of excretion and unconsumed food, favoring the eutrophication of receiving waters and their environment. Therefore, the development of innovative, responsible, sustainable, and profitable technologies and production practices is required. One of the alternatives that is generating interest due to its environmental, economic, and social implications is the production in integrated multitrophic aquaculture systems (IMTA). This concept is based on the integration of different trophic levels in the same system, which results in a conversion of the culture residues of some species into food or fertilization for other species. Applied, the IMTA systems can improve the sustainability of aquaculture by reducing the impact of effluents, generating greater economic profitability due to the simultaneous production of two or more end products and minimal use of fertilizers. The objective of this review is to present fundamentals basic aspects of IMTA systems, as an alternative to fish farming production systems.

Keywords: IMTA, nutrients, organisms, production, sustainability, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

La pesca y la acuicultura son una importante fuente de alimentos, nutrición e ingresos y un significativo medio de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo. Se estima que la producción total ha alcanzado unos 179.000.000 t en 2018, con un valor total de primera venta estimado de 401.000.000.000 USD. De esta cantidad, 82.000.000 t, con un valor de 250.000.000.000 USD, procedieron de la acuicultura (FAO 2020). La expansión del consumo obedece no solo a un intenso crecimiento de la acuicultura, sino también a una combinación de muchos otros factores, por ejemplo, el fomento de los canales de distribución; la demanda cada vez mayor, asociada al crecimiento demográfico; y el aumento de los ingresos y la urbanización. A las anteriores condiciones, se suma el comercio internacional, que también ha cumplido una función importante al ofrecer mayores alternativas a los consumidores (FAO 2018).

Cabe resaltar que la acuicultura es la principal fuente de cultivo de plantas acuáticas comestibles, ya que representó

un 96% de la producción en 2016. En la actualidad, en las hojas de balance de alimentos de la FAO para el pescado y los productos pesqueros no se incluyen las algas marinas ni otras algas; sin embargo, son importantes para varias culturas, en particular en Asia oriental (FAO 2018).

En cuanto al consumo de pescado, este representó en el 2017 el 17% de la ingesta de proteínas animales de la población mundial y el 7% de todas las proteínas consumidas (FAO 2020). Además de ser una fuente rica en proteínas de alta calidad y de fácil digestión que contiene todos los aminoácidos indispensables, el pescado proporciona grasas esenciales (por ejemplo, ácidos grasos omega 3 de cadena larga), vitaminas (D, A y B) y minerales (como calcio, yodo, zinc, hierro y selenio) (FAO 2016).

El aumento de la producción, en especial de la piscicultura, ha llevado a un incremento en el deterioro del agua y los ecosistemas acuáticos, principalmente por la descarga de nutrientes (alimento no consumido y heces) y algunos productos farmacéuticos (Avnimelech 2015), lo

que ha generado gran alarma, dado que la descarga permanente de compuestos orgánicos e inorgánicos en altas concentraciones puede alterar el equilibrio biológico y químico de los ambientes naturales (Martínez-Córdova *et al.* 2010). El metabolismo del alimento ingerido termina con la formación de amonio ionizado y no ionizado que es excretado principalmente por las branquias al agua. A la suma de estas formas de amonio ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) se le denomina nitrógeno amoniacal total (NAT). En el cultivo de peces la forma no ionizada (NH_3) es altamente tóxica y la concentración letal varía entre especies en un rango de 1-2 mg/L, agudizándose cuando la concentración de oxígeno es baja (Avnimelech 2009), el aumento del amonio no ionizado (NH_3) depende también del aumento del pH, de la temperatura y de la salinidad (Ebeling *et al.* 2006; Timmons *et al.* 2002).

En este sentido, el sector acuícola necesita desarrollar tecnologías y prácticas innovadoras, responsables, sostenibles y rentables, con mejores prácticas de manejo y apreciación de productos diferenciados y seguros (Chopin 2013).

El sistema de IMTA es un modelo que integra diferentes niveles tróficos en el mismo sistema, lo que resulta en una conversión de los residuos del cultivo de unas especies en alimentos o fertilizantes para las otras especies. Este concepto puede mejorar la sostenibilidad de la acuicultura al reducir los efluentes y favorecer la economía, pues produce otras especies con valor agregado (Chopin *et al.* 2001). IMTA se refiere al cultivo más intensivo de diferentes especies cercanas entre sí (no necesariamente de igual nivel trófico), conectadas por transferencia de nutrientes y energía a través del agua (Barrington *et al.* 2009).

Estos sistemas de producción se pueden aplicar en aguas abiertas o sistemas terrestres, marinos o de agua dulce, y templados o tropicales. Lo importante es que los organismos apropiados se elijan en múltiples niveles tróficos en función de la complementariedad (Chopin 2013). Esta revisión tiene como objetivo recopilar información sobre los sistemas de IMTA como un modelo de producción para gestionar mejor los ambientes marinos, salobres o de agua dulce en beneficio de la humanidad y el ecosistema.

Generalidades de los sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA)

Lo que comúnmente se aborda como desecho es, en realidad, materia prima biológica o nutrientes que pueden ser utilizados por organismos de un nivel trófico diferente, tratando en alguna medida el impacto ambiental propio del cultivo principal, a partir de un cultivo secundario (Barrington *et al.* 2009; Chopin 2006).

Actualmente, no hay un sector de producción de alimentos completamente sostenible desde un punto de vista energético y de biodiversidad, la mayoría requieren energía y agua, pero también generan residuos (Troell *et al.* 2017; Diana 2009). No obstante, existen métodos de cultivo más sostenibles que otros. Por ejemplo, cultivar más de una especie en la misma agua es a menudo mejor que los monocultivos, pero los policultivos, a pesar del aumento de los márgenes rentables, debido a la diversificación de productos y la reducción de riesgo (Chopin *et al.* 2012), no mitigan algunos impactos ambientales asociados con la acuicultura a gran escala.

Tener una alta producción de una especie deja a una empresa vulnerable, debido a problemas de sostenibilidad

como los precios fluctuantes del mercado y la posibilidad de destrucción del único cultivo (por enfermedades o condiciones climáticas perjudiciales). Por consiguiente, la diversificación de la industria acuícola es recomendable para reducir el riesgo económico, mantener la sostenibilidad y competitividad (Chopin 2013).

Un modelo de cultivo que ofrece ventajas es el sistema de acuicultura multitrófica integrada, el cual incluye especies de diferentes niveles tróficos, disminuyendo las preocupaciones ambientales de la acuicultura convencional, al tiempo que ofrece beneficios económicos (Kleitou *et al.* 2018; Granada *et al.* 2016; FAO 2014; Troell *et al.* 2003). Las ventajas de estos sistemas de producción incluyen el uso reducido de agua, de modo que el establecimiento en lugares donde el recurso hídrico es limitado puede llevarse a cabo (Prinsloo y Schoonbee 1993), con mayor rentabilidad económica por metro cúbico de agua, debido a la producción simultánea de dos o más productos finales (McIntosh y Fitzsimmons 2003; Silva-Castro *et al.* 2006); el uso mínimo de fertilizantes en la agricultura, debido a los aportes de nutrientes de efluentes de la acuicultura (Fernando y Halwart 2000); el menor impacto ambiental por el aprovechamiento del agua rica en nutrientes (Billard y Servin-Reyssac 1992; Silva-Castro *et al.* 2006); y la posibilidad de establecerlo en zonas menos favorecidas, como empresas familiares o de subsistencia.

Un aspecto importante es que los organismos son elegidos de acuerdo con sus funciones en el ecosistema. La idea detrás del IMTA es que, además de la sostenibilidad ambiental, estos sistemas puedan proporcionar diversificación. Cada especie actúa no solo como biofiltros naturales, sino que también tiene su propio valor

comercial, aumentando el valor global de la acuicultura (Barrington *et al.* 2009; Chopin 2006; Granada *et al.* 2016; Troell *et al.* 2009). El sistema debe incluir, aparte de una especie principal como peces o camarones, especies secundarias filtradoras capaces de retener y consumir las pequeñas partículas de materia orgánica suspendidas, lo que optimiza los rendimientos con la diversificación de productos (Barrington *et al.* 2009; Cubillo *et al.* 2016; Granada *et al.* 2016; Ren *et al.* 2012). Es importante tener en cuenta la densidad, la naturaleza y los ciclos estacionales de todas las especies involucradas, bajo el riesgo de inanición de las especies secundarias en el caso de ciclos asincrónicos (Granada *et al.* 2016; Ren *et al.* 2012).

Organismos cultivados en sistemas IMTA

Para el año 2018, los peces encabezaron la producción de animales acuáticos (54.300.000 t), seguido por los moluscos (17.700.000 t, principalmente bivalvos), crustáceos (9.400.000 t), invertebrados marinos (435.400 t), tortugas acuáticas (370.000 t) y ranas (131.300 t). La producción mundial de algas acuáticas cultivadas, dominada por las algas marinas, experimentó un crecimiento relativamente bajo en los últimos años. Este cambio se debió, principalmente, al lento crecimiento de la producción de especies de algas marinas tropicales y a la reducción de la producción en Asia suroriental, mientras que la producción de algas marinas de especies de aguas templadas y frías sigue aumentando (FAO 2020).

En los últimos años, la integración de algas con el cultivo de peces marinos ha sido estudiada en Canadá, Japón, Chile, Nueva Zelanda, Escocia y Estados Unidos. La integración de mejillones y ostras como

biofiltros en el cultivo de peces se ha estudiado en varios países incluyendo Australia, Estados Unidos, Canadá, Francia, Chile y España. Además, la reciente reubicación en alta mar de muchas granjas para el cultivo de peces costeros en Turquía ha provocado el interés en estudiar los IMTA (Troell *et al.* 2009).

El uso de organismos que se alimentan por filtración (extractores de nutrientes orgánicos e inorgánicos) ha demostrado ser una alternativa válida para la biorremediación de nutrientes. Frecuentemente, se ha probado con moluscos que filtran partículas orgánicas, fitoplancton y macroalgas, que tienen la capacidad de absorción de nutrientes inorgánicos (Marinho-Soriano *et al.* 2011). No obstante, existen serias preocupaciones relacionadas con el uso de especies de extracción cultivadas en sistemas IMTA. Las características atractivas pueden representar al mismo tiempo un inconveniente, debido a la capacidad de filtración de estos organismos. Pueden también acumular sustancias diferentes a nutrientes, incluidos contaminantes como metales y productos farmacéuticos (Álvarez-Muñoz *et al.* 2015; Kümmerer 2009a; Leston *et al.* 2016).

La complejidad y diversificación de los sistemas IMTA han sido recientemente discutidas por varios autores, destacando necesidades y desafíos (Martínez-Espiñeira *et al.* 2015; Park *et al.* 2018; Kleitou *et al.* 2018; Knowler *et al.* 2020). En muchos casos, la gestión de los sistemas (recirculación o caudales, tiempos de residencia del agua) y el comportamiento, alimentación y excreción de nutrientes de los organismos involucrados (diurnos o nocturnos) influirán en la integración exitosa de los organismos (Cubillo *et al.* 2016; Zamora *et al.* 2018; Zamora & Jeffs 2012; 2011).

Macroalgas

Las algas marinas (macroalgas) son productores primarios que representan un papel importante dentro del ecosistema mediante la conversión de formas inorgánicas de energía en biomasa, que luego son transferidas a los niveles más altos de la red trófica (Leston *et al.* 2011; Torres *et al.* 2008). La alta relación de área superficial/volumen y la alta afinidad por los nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, favorecen una rápida absorción de nutrientes, traducida en aumento de las tasas de crecimiento y producción, lo que lleva a una gran acumulación de biomasa (Leston *et al.* 2011; Neori *et al.* 2004). Las algas, particularmente las algas marinas, son las más adecuadas para biofiltración porque probablemente tienen la mayor productividad de todas las plantas y pueden cultivarse económicamente (Neori *et al.* 2004).

En algunos países, especialmente en Asia oriental y suroriental, las algas son una parte importante de la dieta humana (con un enfoque en *Undaria pinnatifida*, *Porphyra* spp. y *Caulerpa* spp.) y se están convirtiendo rápidamente en una tendencia mundial (FAO 2018; Fleurence 1999; Maehre *et al.* 2014; Paiva *et al.* 2014). Recientemente, la producción mundial de algas marinas ha mostrado un gran crecimiento en muchos países, debido a su potencial aplicación en varias industrias, como la medicinal, la cosmética, la de tratamiento de agua, la de alimentos y la de biocombustibles (FAO 2020).

La acuicultura ha sido una de las aplicaciones más potenciales de las algas cultivadas, propuestas como fuente alternativa de nutrientes debido a su sostenibilidad y aceptabilidad en alimentos acuícolas (Wan *et al.* 2018). Varios estudios han informado de los beneficios del uso de algas marinas

como ingredientes o aditivos alimentarios, principalmente por sus propiedades nutricionales, inmunomoduladoras, antivirales, propiedades antibacterianas y promotoras del crecimiento (Corral-Rosales *et al.* 2019; Schleder *et al.* 2018; 2020).

Es importante mencionar que las algas se han empleado con frecuencia en sistemas IMTA, mejorando el ciclo de nutrientes y la seguridad ambiental (Fleurence *et al.* 2012; Ratcliff *et al.* 2016). Además, las algas cultivadas en estos sistemas tienen un gran potencial como aditivo alimentario en dietas para peces. En este sentido, Chamorro-Legarda *et al.* (2021) evaluaron el efecto de la suplementación dietética con *Ulva fasciata* cultivada en un sistema de IMTA, observando variables como crecimiento, parámetros hematológicos y composición del tejido muscular de peces juveniles de *Seriola dorsalis*, los resultados muestran que la inclusión de diferentes niveles de harina de *U. fasciata* (5, 10 y 20 g/kg) en la formulación de las dietas, no incidió sobre el crecimiento de los peces, pero sí evidenció diferencias en los parámetros hematológicos y calidad del tejido muscular de los peces (concentración de hematocrito y contenido de ácido docosahexaenoico DHA, respectivamente), respuestas directas y proporcionales a la inclusión de la harina de la macroalga en la dieta suministrada, probablemente asociadas a los compuestos antioxidantes contenidos en *U. fasciata* como los carotenoides (Peña-Rodríguez *et al.* 2011).

Una característica interesante de las especies *Ulva* es que pueden modificar su perfil de ácidos grasos en función de la variación de los parámetros del entorno (McCauley *et al.* 2016; Moreira *et al.* 2020; Schmid *et al.* 2018). A esta condición se puede atribuir la mejor calidad nutricional del alga cultivada en un sistema de IMTA

en comparación con las algas que se encuentran en el medio silvestre.

Invertebrados

Las especies de invertebrados utilizadas en IMTA deben tener simultáneamente la capacidad eficiente de eliminación de nutrientes y un valor económico intrínseco. En acuicultura tradicional, el número de especies de invertebrados en producción es sustancial: la FAO informa al menos 109 moluscos, 64 crustáceos y 9 especies de diferentes grupos taxonómicos en producción durante 2016 (FAO 2018). Algunas especies de invertebrados no tienen gran acogida en el consumo humano; sin embargo, pueden incorporarse como alimento para especies primarias (Kibria y Haque 2018) y, por lo tanto, hacer parte de un ciclo de retroalimentación de nutrientes y energía. Esto se traduce en varias ventajas económicas, como la reducción del costo de alimentación y la reducción de la carga de materia orgánica.

Cortes-Useche *et al.* (2011) evaluaron la efectividad de los erizos de mar *Echinometra lucunter* y *Lytechinus variegatus* como controladores biológicos del *fouling* en un cultivo piloto del pectínido *Nodipecten nodosus*. Los resultados de este estudio señalan los beneficios de la reducción del *fouling* de los sistemas y artes de cultivo, así como sobre los bivalvos, lo que conllevó un aumento de crecimiento, calidad y supervivencia de las especies cultivadas, beneficios que pueden ayudar a reducir el tiempo de cultivo y, así, moderar los costos de producción.

La función anti-*fouling* es una alternativa ecológica cuyo objetivo es el de impedir el crecimiento y la proliferación de organismos vivos marinos que se adhieren y crecen sobre objetos inertes sumergidos, lo que conlleva un deterioro progresivo de los sistemas de cultivo, una menor

disponibilidad de alimento para los bivalvos cultivados al colmatarse las mallas de los sistemas, y una mayor presencia de organismos (algunos depredadores: cangrejos, gasterópodos) que entran en fase larvaria y crecen dentro del arte de cultivo (Lodeiros y García 2004).

Por otra parte, los pepinos de mar pueden asimilar los desechos de las piscifactorías y pueden lograr altas tasas de crecimiento y supervivencia cuando se cocultivan con peces (Cook y Kelly 2007; Hannah *et al.* 2013; Lamprianidou *et al.* 2015; Ren *et al.* 2012; Yu *et al.* 2014). Si se cultiva con una densidad óptima debajo de las jaulas para peces, los pepinos de mar pueden eliminar hasta el 70% de partículas grandes de las jaulas (Ren *et al.* 2012).

Por lo anterior, los erizos de mar tienen el potencial para disminuir los impactos de la acuicultura de bivalvos (Slater y Carton 2009). Otras especies de erizos de mar que pueden presentar un potencial similar son *Echinometra lucunter*, *Loxechinus albus*, *Lytechinus variegatus*, *Paracentrotus lividus*, *Psammechinus miliaris* y *Apostichopus japonicus* que es una de las principales especies de acuicultura en Corea y China (Yang *et al.* 2015).

En otro estudio Nelson *et al.* (2012) evaluaron la capacidad del pepino de mar *Cucumaria frondosa* para eliminar partículas de residuos orgánicos. Los resultados demostraron que *C. frondosa* presenta alta eficiencia de absorción (> 80%), eliminando cantidades sustanciales de materia orgánica, carbono y nitrógeno que resultan de la producción de pescado. Por lo tanto, esta especie posee un gran potencial para convertirse en una especie secundaria efectiva en IMTA.

Nobre *et al.* (2010) también informaron beneficios ecológicos y económicos de un sistema de IMTA con abulón y algas

marinas en comparación al monocultivo de abulón. Los resultados indicaron que el sistema de IMTA mejoró el crecimiento de las especies extractivas cuando existe una alta concentración de nutrientes disponibles (por ejemplo, adyacente a una granja de peces) (Chopin *et al.* 2008; Ridler *et al.* 2007; Wang *et al.* 2014). Los impactos ambientales y económicos positivos se atribuyen principalmente a que el cultivo de algas en el efluente de abulón permite la recirculación de agua y reduce la descarga de nutrientes en el medioambiente (Robertson-Andersson 2007). El mejor crecimiento y desarrollo del abulón se debe a que las algas son el alimento natural de esta especie.

Crustáceos

Algunos grupos de crustáceos son muy valorados y pueden ser producidos intensivamente en acuicultura. Sin embargo, generalmente, su producción depende de alimento artificial y, por lo tanto, en la IMTA, generalmente se consideran especies primarias (Chopin 2015; FAO 2009b). Algunas especies de crustáceos cultivados con éxito en los sistemas de IMTA son camarones, cangrejos y langostas.

Algunas especies de crustáceos ya se cultivan en estanques tradicionales con policultivo en Indonesia y en el sudeste asiático (camarones como el *Litopenaeus vannamei*, *P. stylirostris*, *P. monodon* o cangrejos como *Scylla* sp.). A estos, se suman especies que también tienen un alto potencial para su uso en IMTA: *Panulirus* sp., *Homarus americanus* y *H. gammarus* (FAO 2009b).

Los efluentes de la camaronicultura han sido probados en el riego de plantas, como el arroz en Tailandia (Flaherty *et al.* 2000), olivos en los Estados Unidos (McIntosh y Fitzsimmons 2003), melón

y forraje en Brasil (Miranda *et al.* 2008). De esta manera se ha demostrado el potencial que tiene el efluente del cultivo de camarones para su uso en riego agrícola. La integración de la producción de camarones con tilapia (López-Gómez *et al.* 2017) y vegetales, como sarcocornia (*Sarcocornina ambigua*) (Pinhero *et al.* 2017) y tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Mariscal-Legarda *et al.* 2012), ha demostrado ser beneficiosa, aumentando el rendimiento del sistema.

El cultivo integrado de camarones y lisas (*Mugil liza*) en sistemas con Biofloc (BFT) ha demostrado tener éxito en la producción y calidad del agua (Melo *et al.* 2016). El género *Mugil* tiene potencial para sistemas de cultivo integrados, ya que se alimenta en el nivel trófico más bajo (detritos, microorganismos, agregado de algas, bacterias, ciliados, rotíferos, nemátodos) de la superficie de sustratos como rocas o plantas (FAO 2006-2018; Lupatsch *et al.* 2003; Mondal *et al.* 2015; Odum 1970; Rao y Badu 2013).

En estudios realizados sobre la integración de camarón blanco, con tilapia (*Oreochromis niloticus*) y cultivo de sarcocornia (*S. ambigua*) en BFT se obtuvo que el rendimiento total del sistema aumentó con la integración multitrófica de estas especies ($4,83 \pm 0,19 \text{ kg/m}^3$). Sin embargo, la presencia de sarcocornia no afectó la concentración del nitrógeno y recuperación de fósforo, a pesar de reducir la cantidad de nitrato (Poli *et al.* 2019).

Bivalvos

Son organismos filtradores de partículas orgánicas, y los más probados en los sistemas de IMTA (Granada *et al.* 2016). Cuando se cultivan en la misma zona con especies que reciben alimento artificial, son capaces aprovechar materiales de desecho,

disminuyendo de esta manera el exceso de nutrientes del medio (FAO 2020). Varios estudios han demostrado que los bivalvos pueden ser potenciales biocontroladores para efluentes de piscifactorías y para otras fuentes de eutrofización, ejemplo de esto es lo reportado por Soto y Mena (1999), quienes evidencian la capacidad del mejillón de agua dulce (*Diplodon chilensis*) para reducir las concentraciones de clorofila a, fosfato y amoníaco en cultivos de salmón en tanques. Otro estudio presentado por MacDonald *et al.* (2011) demuestra la eficacia de la ostra *Saccostrea commercialis* para reducir las concentraciones de sólidos totales suspendidos, nitrógeno total y fósforo total. Algunos autores han reportado tasas significativamente mejoradas de mariscos, como ostras y mejillones, cuando se mantienen junto con el cultivo de salmón (Handá *et al.* 2012; Lander *et al.* 2013).

Algunas especies de moluscos propias de los sistemas de IMTA son mejillones del género (Mytilidae) como *Mytilus edulis* o *Mytilus trossulus*. Estas especies son particularmente efectivas en áreas costeras templadas y presentan alto potencial para ser utilizados como especies secundarias en la IMTA (Ren *et al.* 2012; Sarà *et al.* 2009). Otras especies de bivalvos que presentan potencial para ser cultivadas en sistemas multitróficos incluyen géneros como *Haliotis*, *Pecten*, *Argopecten*, *Placopecten*, *Chloromytilus* o *Tapes* (FAO 2009b).

Reid *et al.* (2010) probaron la eficiencia de mejillones azules *Mytilus edulis* y *M. trossulus*, en la absorción del alimento no consumido y partículas fecales del cultivo de salmón del atlántico (*Salmo salar*). Obtuvieron resultados que favorecen el concepto de cultivar estos organismos cerca de jaulas de salmón en sistemas de IMTA como un proceso para controlar los residuos sólidos, lo que podría representar

una fuente importante para especies extractivas secundarias. Teniendo en cuenta que la alimentación corresponde a cerca del 60% de los gastos de operación de la acuicultura (Chopin *et al.* 2012), cualquier reducción y recuperación de desechos es altamente deseable, tanto por razones ambientales como económicas.

Por lo anterior, es razonable considerar que los bivalvos se pueden integrar con la piscicultura para reducir los impactos ecológicos al tiempo que tienen el potencial de convertirse en un cultivo secundario valioso para los acuicultores (MacDonald *et al.* 2011).

Poliquetos

Los poliquetos anélidos presentan un interés reducido para la nutrición humana, pero su potencial económico puede ser atribuido al uso de aficionados a los acuarios como ornamentales (FAO 2009b; Ganada *et al.* 2016). También pueden representar una fuente de alimento para especies primarias en acuicultura, mientras que algunos se usan comúnmente como cebo en pesquerías (Brown *et al.* 2011; FAO 2009b).

La eficiencia de biofiltración de estos poliquetos está influenciada por el flujo de agua, las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), el tiempo de almacenamiento y la densidad, factores que pueden afectar la supervivencia y crecimiento de los organismos (Palmer 2010).

El poliqueto *Sabella spallanzanni* mostró capacidad de filtrar, acumular y eliminar residuos bacterianos, incluyendo patógenos y vibrios potenciales en humanos (Stabili *et al.* 2010). Licciano *et al.* (2005) calcularon las tasas de depuración y la eficiencia de filtración de *S. spallanzanni* en el *Vibrio alginolyticus*, con

lo cual se pudo evidenciar la capacidad y alta eficiencia de los sabélidos para filtrar bacterias. Por lo tanto, los sabélidos se consideran aptos para su uso en granjas acuícolas como biofiltros y como actores en la eliminación de sólidos suspendidos en aguas residuales.

Sin embargo, el uso de estos organismos en la IMTA aún no está completamente implementado. Aún se desarrollan actividades de investigación y desarrollo tecnológico en este campo, aunque es claro su potencial para la producción acuícola en cuanto, al equilibrio ambiental y sostenibilidad, a partir de las funciones ecológicas de biofiltración y la remoción de sedimentos (Brown *et al.* 2011; Granada *et al.* 2016).

Espojas

Estudios realizados demuestran la capacidad de *Demospiongiae* (Porifera) para filtrar selectivamente partículas orgánicas en rango de tamaño de 0,1-50 mm, las cuales incluyen bacterias heterotróficas, eucariotas, fitoplancton y detritus presentes en la columna de agua. Esta retiene hasta el 80% de las partículas suspendidas (Stabili *et al.* 2006). Por lo tanto, el cultivo de esponjas a gran escala podría tener un efecto positivo en la calidad del agua de los efluentes piscícolas. Al mismo tiempo, se estimula el crecimiento de la esponja, lo que hace que este cultivo sea más eficiente.

Algunos ejemplos de especies ya probadas y con potencial comprobado para la IMTA son *Dysidea avara*, *Chondrosia reniformis*, *Chondrilla nucula* y *Spongia officinalis*. Todas mostraron potencial de filtración y mayor crecimiento cuando se cultivan en integración con cultivos que incluyen organismos marinos (Granada *et al.* 2016).

Aplicaciones de la IMTA con otros sistemas de cultivo

Acuaponía en sistemas de acuicultura multitrófica integrada

La acuaponía consiste en una integración de sistemas de recirculación acuícola con hidroponía (producción de plantas en solución rica en nutrientes), en la que el agua se recircula eficientemente para la máxima asimilación de nutrientes para las plantas (Rakocy 2012; Tyson *et al.* 2011). Esto es posible por la relación simbiótica entre los organismos acuáticos, las bacterias y las plantas (Liang y Chien 2013), en la cual los nutrientes residuales del cultivo de peces son transformados naturalmente por las bacterias en productos que pueden ser absorbidos por las plantas, por lo tanto, benefician tanto el crecimiento vegetal como la calidad del agua (Endut *et al.* 2010; Moya *et al.* 2014; Rakocy 2012). Adicionalmente los sistemas de acuaponía pueden convertirse en un medio adicional para abordar el desafío global del suministro de alimentos (FAO 2016).

Plantas como flores, frutas y hierbas se cultivan en sistemas acuapónicos (Al-Hafedh *et al.* 2008; Love *et al.* 2015). Además, la producción de hortalizas de hoja como la lechuga (*Lactuca sativa*) se está expandiendo con buena aceptación en el mercado (Diver 2006; Rakocy 2012). Los usos de los sistemas Biofloc y acuaponía están ayudando en el aumento de la producción acuícola, partiendo de elementos como el uso eficiente de los recursos mediante la integración de sistemas de producción de alimentos y la reducción de insumos y desechos.

En cultivos con baja salinidad, los efluentes se pueden reutilizar como fuente de nutrientes para cultivar plantas como tomates (Mariscal-Lagarda y Páez-Osuna

2012), mientras que, en ambientes salinos, los efluentes se pueden usar en sistemas acuapónicos con plantas halófitas (Pinheiro *et al.* 2017). En este contexto las plantas halófitas son conocidas por haber sido cultivadas en áreas donde la concentración de sal sería letal para la mayoría de las especies vegetales (Flowers y Colmer 2008). Estas plantas crecen sobre manglares y marismas (pantano), y en Brasil hay una ocurrencia de especies como *Sarcocornia ambigua* (sinónimo de *Salicornia gaudichaudiana*) (Alonso y Crespo 2008; Costa *et al.* 2006). Esta especie vegetal ha ganado valor comercial no solo por su sabor, sino también por su alto valor nutricional en términos de minerales y compuestos bioactivos, como los fenólicos (Bertin *et al.* 2014; Ventura y Sagi 2013).

Otra planta que ha ganado un importante lugar en el mercado por sus propiedades antioxidantes es la albahaca (*Ocimum basilicum*). En cuanto a su producción en sistemas acuapónicos, es importante destacar el estudio realizado por Fierro-Sañudo *et al.* (2018), en el cual se integra con el cultivo de camarón blanco, usando dos tipos de agua de baja salinidad: con agua de mar diluida con agua de pozo, y un control en el que las plantas fueron irrigadas con una solución hidropónica nutritiva. Los autores reportan que el rendimiento del camarón fue mayor en el sistema acuapónico irrigado con agua de pozo ($0,63 \pm 0,01 \text{ kg/m}^2$), y menor en el sistema irrigado con agua de mar diluida ($0,53 \pm 0,02 \text{ kg/m}^2$). En cuanto a la albahaca, el mayor rendimiento se reportó en el sistema control ($9,22 \pm 0,42 \text{ kg/m}^2$), seguido del agua de pozo ($8,49 \pm 0,61 \text{ kg/m}^2$) y del sistema con agua de mar diluida ($6,73 \pm 0,28 \text{ g/m}^2$). Cabe resaltar que el cultivo

integrado camarón-albahaca se constituye a futuro en una alternativa económica favorable y amigable con el ambiente.

Por otra parte, Mariscal-Lagarda *et al.* (2012) plantean la viabilidad de integrar el efluente de las granjas de cultivo de camarón con el cultivo de tomates. Para ello, evaluaron el efecto de tres fuentes de agua con baja salinidad sobre el crecimiento y productividad de las plantas de tomate: 1) efluente de los tanques de cultivo de camarón blanco, 2) solución hidropónica nutritiva preparada para tomates y 3) agua obtenida directamente de pozo subterráneo (0,65 g/L de salinidad), suplementado con KCl y MgNO₃. La densidad de siembra de camarón fue de 50 poslarvas por m² junto con 15 plantas por tanque de camarón (4,9 plantas/m²). Los resultados indican que la productividad y el factor de conversión para el camarón fueron similares a los obtenidos en las granjas de monocultivo de camarón. En cuanto a los tomates integrados con el efluente del cultivo de camarón, el rendimiento fue de 33,3 ± 2,1 kg en las 45 plantas, similar al tratamiento con solución nutritiva (35,7 ± 1,7 kg), y significativamente mayor al tratamiento con agua subterránea (25,5 ± 2,4 kg). Estos resultados demuestran que el sistema de cultivo integrado de camarones y tomates es factible. La cantidad de agua requerida (4,7 m³) para cultivar un kilogramo de camarón bajo este modelo es menor a la requerida en los sistemas tradicionales (67-113/m³). Esta condición representa una importante ventaja en aquellas zonas en las que la disposición del recurso hídrico es limitada, y contribuye a la disminución o eliminación del impacto ambiental generado por las descargas de efluentes del cultivo de camarón.

Otras aplicaciones indican la integración de modelos acuapónicos y con

tecnología Biofloc (BFT) en sistemas de IMTA, como lo reportan Pinheiro *et al.* (2017), quienes evaluaron por un periodo de 73 días el cultivo acuapónico de la halófito *Sarcocornia ambigua* y camarón blanco comparado con un sistema sin plantas. Al finalizar el estudio, los autores reportan que la producción de *S. ambigua* en un sistema integrado con el cultivo de camarón no afecta el crecimiento y la productividad de los animales dado que no se observaron diferencias significativas entre los sistemas para los parámetros productivos de camarón analizados. En el sistema acuapónico fue posible la producción de 2 kg de plantas por cada kilogramo de camarón. En cuanto a las variables de calidad del agua, el uso de nitrógeno fue 25% más eficiente en el sistema acuapónico y la concentración de sólidos suspendidos totales fue menor (338 ± 53,9 mg/L) en comparación con el sistema sin plantas (371,3 ± 53,2 mg/L); esto, debido posiblemente a la retención de SST en las raíces de las plantas.

Para comprender aún más el uso de la BFT en acuaponía, Pinho *et al.* (2017) recogen los resultados de algunos experimentos que utilizan el efluente derivado del cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con BFT en la producción de tres variedades de lechuga, y un sistema de recirculación de agua como control durante un periodo de 21 días. Para ello tomaron juveniles de tilapia con un peso inicial de 70 g. La densidad de siembra en cada sistema fue de 500 tilapias por tanque y 20 plantas/m². Los resultados indicaron que en el sistema BFT se logró un mejor crecimiento de la planta de lechuga independientemente de la variedad (roja, mantequilla y crujiente) y explican que esto puede deberse a la acción de las comunidades microbianas y su papel en la productividad y reciclaje

de nutrientes. Con respecto a la variedad, la lechuga mantequilla presentó un mejor rendimiento para cada variable analizada en los dos sistemas. En el caso de los peces, la supervivencia fue superior al 95% en los dos sistemas, mientras que el crecimiento fue mayor en el sistema con Biofloc. Por lo anterior, el efluente de BFT representa una alternativa viable para la producción de acuaponía, mejorando el rendimiento de las plantas.

Con lo anterior, se aborda otra posibilidad, aplicando e integrando nuevos modelos de producción (BFT, acuaponía) en un sistema de IMTA, como se describe a continuación.

Sistemas de acuicultura multitrófica integrada con tecnología Biofloc (BFT)

La BFT se basa en aprovechar los residuos de los alimentos, materia orgánica y compuestos inorgánicos tóxicos (los cuales conllevan el deterioro de la calidad del agua y el poco aprovechamiento del alimento natural), a través de microorganismos presentes en los medios acuáticos, dando condiciones de dominancia a comunidades bacterianas quimio- o fotoautótrofos y heterótrofos, resolviendo así sustancialmente los problemas de saturación de nutrientes a partir de su reciclaje (Avnimelech 2009).

Los sistemas de cultivo con BFT contribuyen a la intensificación de la producción de camarón blanco del Pacífico, utiliza altas densidades de almacenamiento y un mínimo o nulo número de recambios de agua, reduciendo considerablemente el área utilizada para la cría y también el recurso hídrico en comparación con los sistemas semiintensivos (Samocha *et al.* 2012).

En este sentido, la composición de un sistema para la producción de camarones en BFT implica diferentes niveles tróficos

de especies tolerantes a la sal y capaces de aprovechar los nutrientes. La tilapia es una especie que presenta características favorables para la integración con camarones en un sistema con Biofloc debido a su capacidad para aprovechar los nutrientes del Biofloc, así como su rusticidad y tolerancia a la sal (Avnimelech 2015; El-Sayed 2006).

Sin embargo, en el sistema con Biofloc, la cantidad de sólidos aumenta con el tiempo, llegando a límites de tolerancia para los camarones cultivados (Gaona *et al.* 2011; Schweitzer *et al.* 2013; Ray *et al.* 2010). Este exceso de sólidos debe eliminarse del sistema, debido a que una alta concentración puede ser letal para los camarones (Schweitzer *et al.* 2013).

Teniendo en cuenta estos criterios, Poli *et al.* (2019) probaron el desempeño de un sistema de IMTA aplicado a camarón blanco, tilapia nilótica y cultivo de sarcocornia con tecnología Biofloc (BFT), comparado con un tratamiento control que solo difería por la ausencia de sarcocornia. Los resultados de este estudio no muestran diferencias entre los tratamientos en el rendimiento de camarón y tilapia, pero el rendimiento total del sistema de IMTA ($4,83 \pm 0,19 \text{ kg/m}^3$) fue superior al obtenido en el sistema control ($3,99 \pm 0,045 \text{ kg/m}^3$). En otro estudio, realizado por Legarda *et al.* (2019), se evaluó la posibilidad de integrar el cultivo de camarón blanco con lisa en Biofloc, comparando dos tratamientos: camarones con sistema integrado con lisa (camarón+lisa) y sistema solo con camarones. La densidad de siembra en el tratamiento (camarón+lisa) fue de 250 camarones/ m^3 y, para el caso de las lisas, 167 peces/ m^3 . Después de 53 días de estudio el experimento mostró que la integración de juveniles de lisas con camarón incrementó la productividad en 11,9% y

la retención de fósforo en 16,8%, aumentando así la eficiencia general del sistema integrado. Además, hay una ventaja: las lisas pueden ser mantenidas en sistemas con Biofloc con alimento artificial restringido sin perjudicar su salud y crecimiento, como se observa en esta investigación, en la que los peces fueron alimentados una vez al día a razón de 1% de la biomasa inicial. Esto sugiere que los peces también consumieron los organismos presentes en el sistema con Biofloc.

Amato-Borges *et al.* (2020) sugieren que el cultivo integrado con especies del género *Mugil* es una alternativa interesante para la reducción de los sólidos generados en el cultivo de camarón blanco y de hecho es posible realizar el cultivo simultáneamente sin la necesidad de separar las especies en diferentes tanques. Algunos autores reportan que *Mugil liza* tolera concentraciones de sólidos de hasta 700 mg/L (Rocha 2012).

Un componente fundamental que vale la pena resaltar de la integración de Biofloc con la IMTA es el control y aprovechamiento de las formas del nitrógeno y los sólidos suspendidos. Los parámetros de calidad de agua son un factor importante para la IMTA, ya que de eso depende la integración de las especies dentro de un mismo cultivo. Los rangos de los parámetros varían según el tipo de cultivo, por lo cual es de gran importancia abordar estudios para conocer los diferentes valores óptimos de algunos parámetros y también técnicas para el control de estos en los sistemas de integración multitrofica.

Los parámetros que tienen mayor incidencia dentro del sistema, como ya se mencionó, son los sólidos suspendidos y los compuestos nitrogenados, que se obtiene a través del proceso de lixiviación

de heces y alimento no consumido. Estos pueden ser un factor clave que puede alterar el sistema. La baja absorción de nitrógeno es uno de los principales problemas técnicos, económicos y ambientales de la acuicultura. En promedio, solo el 25% del nitrógeno es incorporado por los animales acuáticos (Avnimelech 2015; Crab *et al.* 2007), el resto del nitrógeno se excreta en el agua en forma de amoníaco, que, a su vez, se vuelve tóxico para los organismos acuáticos. Además, el alimento representa más del 50% de los costos de producción acuícola y el nitrógeno es el ingrediente alimenticio más costoso (Perea *et al.* 2018). El fósforo, junto con el nitrógeno, también es una fuente principal de contaminantes para los ambientes acuáticos. Su recuperación en camarones es aproximadamente del 11% (Avnimelech y Ritvo 2003), mientras que el resto se excreta y deposita en ambientes adyacentes.

En relación con los sólidos suspendidos totales (SST), existen estudios en los que la cantidad de sólidos en el sistema incide en el crecimiento del animal. En un estudio realizado por Poli *et al.* (2015), se evaluó el efecto de los SST en el desempeño de las larvas de *Rhamdia quelen* evaluando tres concentraciones (200; 400-600 y 800-1000 mg/L). Se concluyó que, a una concentración de SST de 200 mg/L, se logró un mejor desarrollo de las larvas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la integración de la IMTA con la BFT trata de aprovechar todos los productos que se generan en el sistema, a partir de la excreción de los peces y el metabolismo bacteriano por las diferentes vías (hetero- y quimioautotróficas) ya sean orgánicos e inorgánicos. En esta línea, se han realizado investigaciones como la presentada por Poli *et al.* (2019), quienes integran el cultivo de

camarón blanco con tialpia nilótica y un banco hidropónico para cultivo de *Sarcocornia ambigua* en un sistema de IMTA. En esta se realizó la comparación con un sistema control, el cual se diferenciaba por la ausencia de sarcocornia, y se obtuvo que la producción de nitrato fue menor en el sistema de IMTA ($9,38 \pm 1,09$ mg/l) en comparación con el sistema control que fue de ($12,28 \pm 1,27$ mg/l), debido posiblemente a la presencia de la planta halófito que presenta preferencia por la absorción de este compuesto nitrogenado, mientras que los valores obtenidos para NAT y nitrito fueron más altos en este sistema. Por otra parte, la presencia de sarcocornia en el sistema de IMTA disminuyó la producción de lodo y sólidos suspendidos totales. Esto puede explicarse por el proceso de fitorremediación del agua realizado por la sarcocornia. En otro estudio realizado por Poli *et al.* (2018), en el cual se evaluó el efecto de diferentes densidades de población de tilapia del Nilo, integradas con camarón blanco del Pacífico en Biofloc, se observó que el total de sólidos suspendidos se mantuvo dentro de los niveles indicados para ambas especies, atribuido al consumo de los sólidos por parte de los peces, lo que representa una ganancia ecológica significativa. De la misma forma se registró que se obtuvo una recuperación de nitrógeno, el cual fue mayor en los tratamientos con alta densidad de peces (27,9% de nitrógeno recuperado), lo que representa un avance económico y ambiental para camarones criados en un sistema con Biofloc.

Dentro del sistema de IMTA, el control de los sólidos se puede realizar mediante el uso de sedimentación o filtración (Cortez *et al.* 2009). Por ejemplo, en un estudio realizado por Legarda *et al.* (2020), en el que se compararon los efectos de diferen-

tes densidades de *Mugil curema* integrado con camarón blanco, se logró mantener estable la cantidad de SST, obteniendo un promedio de $384,86 \pm 15,16$ mg/L, a pesar de que se aumentó en mayor medida el alimento. Todo esto se logró gracias al decantador de sólidos. Con respecto a los sistemas acuapónicos y su manejo de los sólidos, hay muchos tipos de filtración, el más empleado consiste en un biofiltro adicional (por ejemplo, medios o lechos de grava) a través del cual pasa el agua antes de regresar a los tanques de peces asociados con balsas flotantes (Love *et al.* 2015). Por lo general, en los sistemas de acuaponía, el recambio de agua puede reducirse, ya que las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua. Por otra parte, en el uso de sistemas de IMTA con Biofloc, la cantidad de SST es mayor por la presencia de floculos microbianos que sirven como alimento para peces (Avnimelech 2007). Sin embargo, una concentración óptima de SST puede diferir entre especies o etapas de desarrollo.

En cuanto a la producción de sistemas acuapónicos en tecnología Biofloc, en un estudio realizado por Rocha *et al.* (2017) se evaluó la producción de lechuga en sistemas acuapónicos con Biofloc, y se incluyó *Rhamdia quelen*. En este estudio se realizó un análisis de las bacterias presentes en el agua, en el cual se observó la presencia de bacterias heterotróficas y bacterias autotróficas en alta densidad en Biofloc que explican los valores más altos del nitrito en los tanques ($0,224$ mg/l). Las bacterias heterotróficas logran la captura de amoníaco y su transformación en proteína microbiana, mientras que las bacterias autotróficas quimiosintéticas realizan la oxidación de amoníaco a nitrito y de nitrito a nitrato (Ebeling *et al.* 2006). Las bacterias

nitrificantes también pueden estar asociadas con sustratos presentes en el tanque o con las raíces de las plantas (Rakocy *et al.* 2006). En un estudio realizado por Pinheiro *et al.* (2019), en el que se evaluó la relación entre la salinidad en el desempeño del camarón marino y la halófito en un sistema acuapónico con Biofloc, se encontró que las concentraciones más bajas de amoníaco y nitrito, y las concentraciones más altas de nitrato estaban cerca de la salinidad de 18 ppt; por lo tanto, se concluye que esta salinidad favorece la absorción de amoníaco por las plantas, lo cual es un proceso favorable para el sistema.

CONCLUSIONES

Los sistemas de acuicultura multitrófica integrada se constituyen en una alternativa de producción que ofrece diversas ventajas en comparación con los sistemas de producción acuícola convencionales. Entre las ventajas, cabe destacar la retención de nutrientes (N y P) como fertilizante de los vegetales, reducción o aprovechamiento de los sólidos producidos como alimento para otras especies, el uso eficiente de alimento, el uso eficiente del agua, la reducción de los efluentes, la producción de otras especies con valor agregado y la mayor productividad total a través de la integración de organismos de diferentes niveles tróficos en un mismo sistema.

Teniendo en cuenta las investigaciones y adelantos tecnológicos que se tienen acerca de sistemas IMTA, es necesario investigar otras especies, como las dulceaúcolas, especies continentales que son cultivadas en altos volúmenes con grandes recambios de agua, bajo estos modelos amigables de producción, enmarcados en conceptos de economía circular.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue realizado gracias al apoyo que brindó la Universidad de los Llanos mediante la estrategia de apoyo por parte del Instituto de Acuicultura. Los autores agradecen su apoyo y el de todos los profesores y del personal que nos brindó el respaldo y conocimiento necesario para la culminación de este trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses económicos en competencia conocidos o relaciones personales que pudieran haber parecido influir el trabajo reportado en este documento.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo no recibió fondos de financiamiento de ninguna entidad.

REFERENCIAS

- Al-Hafedh YS, Alami A, Beltagi MS. 2008. Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. *J. World Aquacult Soc.* 39 (4):510-520. Doi: 10.1111/j.1749-7345.2008.00181.x
- Alonso MÁ, Crespo MB. 2008. Taxonomic and nomenclatural notes on South American taxa of *Sarcocornia*. (Chenopodiaceae). *Ann. Bot. Fenn.* 45:241-254. Doi: 10.5735/085.045.0401
- Álvarez D, Rodríguez S, Maulvault, AL, Tediosi A, Fernández M, Van den Heuvel F. 2015. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in macroalgae, bivalves, and fish from coastal areas in Europe. *Environ Res.* 143(Part B):56-64. Doi: 10.1016/j.envres.2015.09.018
- Amato BA, Rocha JL, Oliveira PH, Zacheu AC, Caio FM, Vinicius C, Vinatea LA. 2020. Integrated culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and mullet *Mugil liza* on biofloc technology:

- Zootechnical performance, sludge generation, and *Vibrio* spp. Reduction. *Aquaculture*. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735234
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*. 264:140-147. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
- Avnimelech Y. 2009. *Biofloc Technology: A practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, USA: World Aquaculture Society.
- Avnimelech Y. 2015. *Biofloc technology: A practical Guide Book*. 3rd edition. Baton Rouge, Louisiana, USA: World Aquaculture Society.
- Avnimelech Y, Ritvo G. 2003. Shrimp and fish pond soils: processes and management. *Aquaculture* 220:549-567. Doi: 10.1016/S0044-8486(02)00641-5
- Barrington K, Chopin T & Robinson S. 2009. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In *Integrated mariculture: a global review*. 529:7-46.
- Bertin RL, Gonzaga LV, Borges G, Azevedo MS, Maltez HF, Heller M, Micke GA, Tavares LBB, Fett R. 2014. Nutrient composition and identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC-ESI-MS/MS. *Food Res. Int.* 55:404-411. Doi: 10.1016/j.foodres.2013.11.036
- Billard R, Servrin J. 1992. Les impacts négatifs de la pisciculture' étang sur l'environnement. En: G Barnabe, P Kestemont, editores. *Production, Environment and Quality*. Europ. Aquaculture Soc. 18:17-29.
- Brown N, Eddy S, Plaud S. 2011. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. *Aquaculture*. 322-323(C): 177-183. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.09.017
- Chopin T, Buschmann AH, Halling C, Troell M, Kautsky N, Neori A, Kraemer GP, Zertuche JA, Yarish C, Neefus C. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. *J. Phycol.* 37:975-986. Doi: 10.1046/j.1529-8817.2001.01137.x
- Chopin T. 2006. Integrated Multi-Trophic Aquaculture. What it is and why you should care and don't confuse it with polyculture. *North. Aquaculture*. 1-2.
- Chopin T, Robinson SMC, Troell M, Neori A, Fang J. 2008. Multitrophic Integration for Sustainable Marine Aquaculture. En: Jorgensen SE, Fath BD, editores. *The Encyclopedia of Ecology, Ecological Engineering*. Vol. 3. Oxford: Elsevier. p. 2463-2475.
- Chopin T, Cooper JA, Reid G, Cross S, Moore C. 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Aquaculture*. 4(4):209-220. Doi: 10.1111/j.1753-5131.2012.01074.x
- Chopin T. 2013. *Integrated Multi-Trophic (IMTA). Marine Fisheries Enhancement: Coming of Age in the New Millennium*. New Brunswick. 542-564 p. Doi: 10.1007/978-1-4614-5797-8_173
- Chopin T. 2015. *Marine Aquaculture in Canada: Well-Established Monocultures of Finfish and Shellfish and an Emerging Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) Approach Including Seaweeds, Other Invertebrates, and Microbial Communities*. *Fisheries*. 40(1):28-31. Doi: 10.1080/03632415.2014.986571
- Cook EJ, Kelly MS. 2007. Enhanced production of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in integrated open-water cultivation with Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*. 273: 573-585. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.10.038
- Corral-Rosales C, Ricque-Marie D, Cruz-Suárez LE, Arjona O, Palacios E. 2019. Fatty acids, sterols, phenolic compounds, and carotenoid changes in response to dietary inclusion of *Ulva clathrata* in shrimp *Litopenaeus vannamei* broodstock. *J. Appl. Phycol.* 31: 4009-4020. Doi: 10.1007/s10811-019-01829-2
- Cortez GEP, Araújo JAC, Bellingeri PA, Dalri, AB. 2009. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *RBEAA*. 13(4): 494-498
- Cortés C, Gómez J, Santos M. 2011. Erizos de mar como control biológico del *fouling* en un cultivo de *Nodipecten nodosus* en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 40(2):233-247.
- Costa CS, Armstrong R, Detres Y, Koch EW, Bertiller M, Beeskow A, Neves LS, Tourn G.M, Bianciotto OA, Pinedo LB, Blessio AY, San Roman N. 2006. Effect of ultraviolet-B radiation

- on salt marsh vegetation: trends of the genus *Salicornia* along the Americas. *Photochem. Photobiol.* 82: 878-886. Doi: 10.1562/2005-10-30-RA-729
- Crab R, Avnimelech Y, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture.* 270:1-14. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.05.006
- Cubillo AM, Ferreira JG, Robinson SMC, Pearce CM, Corner RA, Johansen J. 2016. Role of deposit feeders in integrated multi-trophic aquaculture-A model analysis. *Aquaculture.* 453:54-66. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.11.031
- Diana JS. 2009. Aquaculture Production and Biodiversity Conservation. *Bioscience*, 59(1):27-38. Doi: 10.1525/bio.2009.59.1.7
- Diver S. 2006. Aquaponics-Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service. NCAT. 1-25.
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture.* 257(1-4):346-358. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019
- El-Sayed AFM. 2006. Tilapia Culture. Wallingford (UK): CAB International. Oceanography Department, Faculty of Science, Alexandria University, Alexandria, Egypt, Doi: 10.1079/9780851990149.0000
- Endut A, Jusoh A, Ali N, Nik WBW, Hassan A. 2010. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation. *Bioresour. Technol.* 101(5):1511-1517. Doi: 10.1016/j.biortech.2009.09.040
- Fernando CH, Halwart M. 2000. Possibilities for integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries. Manag. Ecol.* 7:45-54. Doi: 10.1046/j.1365-2400.2000.00188.x
- Fierro-Sañudo JF, Rodríguez-Montes de Oca GA, León-Cañedo JA, Alarcón-Silvas SG, Mariscal-Lagarda MM, Díaz-Valdés T, Páez-Osuna F. 2018. Production and management of shrimp (*Penaeus vannamei*) in co-culture with basil (*Ocimum basilicum*) using two sources of low-salinity water. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 46(1): 63-71.
- Flaherty M, Szuster BW, Mille P. 2000. Low salinity shrimp farming in Thailand. *Ambio.* 29: 174-179.
- Fleurence J. 1999. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technol.* 10(1):25-28. Doi: 10.1016/S0924-2244(99)000151
- Fleurence J, Morançais M, Dumay J, Decottignies P, Turpin V, Munier M, Garcia-Bueno N, Jaouen P. 2012. What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture? *Trends Food Sci. Technol.* 27:57-61. Doi: 10.1016/j.tifs.2012.03.004
- Flowers TJ, Colmer TD. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytol.* 179:945-963. Doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006-2018. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Mugil cephalus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Saleh, M. A. En: FAO Fisheries and Aquaculture Department [Internet, actualizado 2006, 7 abril]. Rome. [Consultado 2018, 14 de noviembre] Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/en.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2009b. Integrated Mariculture: A Global Review. FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 529:1-194.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Fisheries and Aquaculture Department. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture, Roma: FAO. 1-243 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. The state of world fisheries and aquaculture. 4 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2018. The state of world fisheries and aquaculture, Contributing to Food Security and Nutrition for all. Roma: FAO. 76 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. The state of world fisheries and aquaculture. Roma: FAO.
- Gaona CA, Poersch LH, Krummenauer D, Foes GK, Wasielesky WJ. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology

- culture system. *Int. J. Recirc. Aquaculture*. 12:54-73. Doi: 10.21061/ijra.v12i1.1354
- Granada L, Sousa N, Lopes, Lemos MFL. 2016. Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges?: A review. *Rev. Aquac.* 8(3):283-300. Doi: 10.1111/raq.12093
- Handa A, Ranheim A, Olsen AJ, Altin D, Reitan KI, Olsen Y. 2012. Incorporation of salmon fish feed and feces components in mussels (*Mytilus edulis*): implications for integrated multi-trophic aquaculture in cool-temperate North Atlantic waters. *Aquaculture*. 370-371:40-53. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.030
- Hannah L, Pearce CM, Cross SF. 2013. Growth and survival of California Sea cucumbers (*Parastichopus californicus*) cultivated with sablefish (*Anoplopoma fimbria*) at an integrated multi-trophic aquaculture site. *Aquaculture*. 406-407:34-42. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.04.022
- Kibria ASM, Haque MM. 2018. Potentials of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in freshwater ponds in Bangladesh. *Aquac Reports*. 11:8-16. Doi: 10.1016/j.aqrep.2018.05.004
- Kleitou P, Kletou D, David J. 2018. Is Europe ready for integrated multi-trophic aquaculture? A survey on the perspectives of European farmers and scientists with IMTA experience. *Aquaculture*. 490:136-148. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.02.035
- Knowler D, Chopin T, Martínez-Españeira R, Neori A, Nobre A, Noce A, Reid G. 2020. The economics of integrated multi-trophic aquaculture: where are we now and where do we need to go? *Aquaculture*. 1-16. Doi: 10.1111/raq.12399
- Kümmerer K. 2009a. Antibiotics in the aquatic environment: A review-Part I. *Chemosphere*. 75(4):417-434. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.11.086
- Lamprianidou F, Telfer T, Ross L. 2015. A model for optimization of the productivity and bioremediation efficiency of marine integrated multitrophic aquaculture. *Estuar. Coast. Shelf Sci*. 164: 253-264. Doi: 10.1016/j.ecss.2015.07.045
- Lander TR, Robinson SMC, MacDonald BA, Martin JD. 2013. Characterization of the suspended organic particles released from salmon farms and their potential as a food supply for the suspension feeder, *Mytilus edulis* in integrated multitrophic aquaculture (IMTA) systems. *Aquaculture*. 406-407:160-171. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.05.001
- Legarda E, Poli MA, Martins-Aranha M, Pereira S, Martins M, Machado C, De Lorenzo M, Vieira FN. 2019. Integrated recirculating aquaculture system for mullet and shrimp using biofloc technology. *Aquaculture*. 512. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734308
- Legarda E, Aranha M, Pereira S, Siqueira, RF, Pinheiro IC, Seiffert WQ, Vieira, FN. 2020. Shrimp rearing in biofloc integrated with different mullet stocking densities. *Aquac. Res*. Doi: 10.1111 / are.14694
- Legarda E, Viana MT, Del Río Zaragoza OB, Skrzynska AK, Braga A, De Lorenzo MA, Vieira FN. 2021. Effects on fatty acids profile of *Seriola dorsalis* muscle tissue fed diets supplemented with different levels of *Ulva fasciata* from an Integration Multi-Trophic Aquaculture system. *Aquaculture*. 535: 736414. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.736265
- Leston S, Nunes M, Viegas I, Lemos MFL, Freitas A, Barbosa J. 2011. The effects of the nitrofurantoin furaltadone on *Ulva lactuca*. *Chemosphere*. 82(7):1010-1016. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.10.067
- Leston S, Freitas A, Rosa J, Barbosa J, Lemos MFL, Pardal MÂ, Ramos, F. 2016. A multi-residue approach for the simultaneous quantification of antibiotics in macroalgae by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. B*. 1033-1034:61-367. Doi: 10.1016/j.jchromb.2016.09.009
- Liang J, Chien Y. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *Int. Biodeterior. Biodegrad*. 85:693-700. Doi: 10.1016/j.ibiod.2013.03.029
- Licciano M, Stabili L, Giangrande A. 2005. Clearance rates of *Sabella spallanzanii* and *Branchiomma luctuosum* (Annelida: Polychaeta) on a pure culture of *Vibrio alginolyticus*. *Water Res*. 39: 4375-4384. Doi: 10.1016/j.watres.2005.09.003
- Lodeiros C, García N. 2004. The use of sea urchins to control "fouling" during suspended culture of bivalves. *Aquaculture*. 231(1-4):293-298. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.10.022

- López C, Ponce JT, Castillo S, Puga D, Castillo LF, García M. 2017. Evaluation of two mix-cultures of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with red tilapia hybrid and spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) in intensive indoor brackish water tanks. Lat. Am. J. Aquac. Res. 45:922-929. Doi: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-7
- Love DC, Fry JP, Li X, Hill ES, Genello L, Semmens K, Thompson RE. 2015. Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey. Aquaculture. 435:67-74. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.023
- Lupatsch I, Katz T, Angel DL. 2003. Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. Aquac. Res. 34(15):1367-1377. Doi: 10.1111/j.1365-2109.2003.00954.x
- McCaughey JL, Meyer BJ, Winberg PC, Skropeta D. 2016. Parameters affecting the analytical profile of fatty acids in the macroalgal genus *Ulva*. Food Chem. 209: 332-340. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.039
- MacDonald BA, Robinson SMC, Barrington KA. 2011. Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. Aquaculture. 314(1-4):244-251. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.01.045
- McIntosh RP, Fitzsimmons K. 2003. Characterization of effluent from an inland, low salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. Aquac. Eng. 27(2):147-156. Doi: 10.1016/S0144-8609(02)00054-7
- Maehre HK, Malde MK, Eilertsen KE, Elvevoll EO. 2014. Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. J. Sci. Food Agric. 94(15):3281-3290. Doi:10.1002/jsfa.6681-
- Marinho E, Azevedo CAA, Trigueiro TG, Pereira DC, Carneiro MAA, Camara MR. 2011. Bioremediation of aquaculture wastewater using macroalgae and *Artemia*. Int. Biodeterior. Biodegrad. 65(1):253-257. Doi: 10.1016/j.ibiod.2010.10.001
- Mariscal MM, Páez F, Esquer JL, Guerrero I, Del Vivar AR, Félix R. 2012. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. Aquaculture. 366-367:76-84. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.003
- Martínez ER, Chopin T, Robinson S, Noce A, Knowler D, Yip W. 2015. Estimating the biomitigation benefits of integrated multi-trophic aquaculture: a contingent behavior analysis. Aquaculture. 43718: 2-194. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.09.003
- Martínez L R, Martínez M, López JA, Campaña A, Miranda A, Ballester E, Porchas MA. 2010. Natural food in aquaculture: An updated review. En: Cruz Suarez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Villarreal-Cavazos DA, Gamboa-Delgado J, editores. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, San Nicolás de los Garza, N. L., México. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, p. 668-669.
- Melo EP, Oshiro LMY, Fugimura MMS, da Costa TV, Flor HR, Sant'ana NF. 2016. Monocultivo e policultivo do camarão *Litopenaeus schmitti* e do parati *Mugil curema* em sistema de bioflocos e água clara. Boletim do Instituto de Pesca. 42, 3, 532-547. Doi: 10.20950/1678-2305.2016v42n3p532
- Miranda FR, Lima RN, Crisóstomo LA, Santana MGS. 2008. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. Aquac. Eng. 39:1-5. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2008.04.001
- Mondal A, Chakravorty D, Mandal S, Bhattacharyya SB, Mitra A. 2015. Feeding ecology and prey preference of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) in extensive brackish water farming system. J Marine Sci Res Dev. 6(1): 1-5. Doi: 10.4172/2155-9910.1000178
- Moreira ASP, Costa E, Melo T, Sulpice R, Cardoso SM, Pitarma B, Pereira R, Abreu MH, Domingues P, Calado R, Domingues MR. 2020. Seasonal plasticity of the polar lipidome of *Ulva rigida* cultivated in a sustainable integrated multi-trophic aquaculture. Algal Res. 49. Doi: 10.1016/j.algal.2020.101958
- Moya EAE, Sahagún CAA, Carrillo JMM, Alpuche PJA, Álvarez CA, Martínez R. 2014.

- Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. *Aquac. Res.* 1-11. Doi: 10.1111/are. 12626
- Nelson EJ, MacDonald BA, Robinson SMC. 2012. The absorption efficiency of the suspension-feeding sea cucumber, *Cucumaria frondosa*, and its potential as an extractive integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Aquaculture.* 370-371: 19-25. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.029
- Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M, Charles Y. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture.* 231(1-4):361-391. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.11.015
- Nobre AM, Robertson-Andersson D, Neori A, Sankar K. 2010. Ecological-economic assessment of aquaculture options: Comparison between abalone monoculture and integrated multi-trophic aquaculture of abalone and seaweeds. *Aquaculture.* 306:116-126. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.06.002
- Odum WE. 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet *Mugil cephalus*. En: J. H. Steele, editor, *Marine food chains*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 222-240 p.
- Paiva L, Lima E, Patarra RF, Neto AI, Baptista J. 2014. Edible Azorean macroalgae as source of rich nutrients with impact on human health. *Food Chem.* 164(C):128-135. Doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.119
- Palmer PJ. 2010. Polychaete-assisted sand filters. *Aquaculture.* 306(1-4):369-377. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.06.011
- Park M, Shin SK, Do YH, Yarish C, Kim JK. 2018. Application of open water integrated multi-trophic aquaculture to intensive monoculture: a review of the current status and challenges in Korea. *Aquaculture.* 497: 174-183. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.07.051
- Peña-Rodríguez A, Mawhinney TP, Ricque-Marie D, Cruz-Suárez LE. 2011. Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh. *Food Chemistry.* 129: 491-498. Doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.104
- Perea Román C, Garcés Caicedo YJ, Muñoz Arbolada LS, Hoyos Concha JL, Gómez Peñaranda JA. 2018. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. *Biotecnol Sector Agropecuario Agroind.* 16(1):43-51. Doi: 10.18684/BSAA(16)43-51
- Pinheiro I, Arantes R, Espírito CM, Vieira FN, Lapa KR, Gonzaga LV, Fett R, Barcelos JL, Seiffert WQ. 2017. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecol. Eng.* 100:261-267. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.12.024
- Pinheiro I, Siqueira RF, Vieira F do N, Valdeiro F, Fett R, Oliveira AC, Magallon FJ, Quadros SW. 2019. Aquaponic production of *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in biofloc system at different salinities. *Aquaculture.* 519. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734918
- Pinho SM, Molinari D, de Mello GL, Fitzsimmons KM, Emerenciano MGC. 2017. Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecol. Engin.* 103(A):146-153. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.03.009
- Prinsloo JF, Schoonbee HJ. 1993. The utilization of agricultural byproducts and treated effluent water for aquaculture in developing areas of South África. *Suid Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 12(3):72-79. Doi: 10.4102/satnt.v12i3.566
- Poli MA, Schweitzer R, Nuñez APO. 2015. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: effect of suspended solids in the performance of larvae. *Aquac. Eng.* 66:17-21. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2015.01.004
- Poli MA, Legarda EC, Lorenzo MA, Martins MA, Vieira F do N. 2018. Pacific white shrimp and Nile tilapia integrated in a biofloc system under different fish-stocking densities. *Aquaculture* 498:83-89 Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.08.045
- Poli MA, Legarda EC, Lorenzo MA, Pinheiro I, Martins MA, Quadros W, Vieira FN. 2019. Integrated multitrophic aquaculture applied to shrimp rearing in a biofloc system. *Aquaculture.* 511:2-6. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734274

- Rakocy JE, Masser MP, Losoro TM. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center Publication. 454:16.
- Rakocy J.E. 2012. Aquaponics-integrating fish and plant culture. En: Tidwell JH, editor. Aquaculture Production Systems. 1.ª ed. Oxford: Wiley-Blackwell. 343-386 p.
- Rao RK, Babu KR. 2013. Studies on food and feeding habits on *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) east coast off Andhra Pradesh, India. CJPAS. 7(3):2499-2504
- Ratcliff JJ, Wan AHL, Edwards MD, Soler-Vila A, Johnson MP, Abreu MH, Morrison L. 2016. Metal content of kelp (*Laminaria digitata*) co-cultivated with Atlantic salmon in an integrated multi-trophic aquaculture system. Aquaculture. 450: 234–243. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.07.032
- Ray AJ, Lewis BL, Browdy CL, Leffler JW. 2010. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture. 299(1-4):89-98. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.11.021
- Reid GK, Liutkus M, Bennett A, Robinson SMC, MacDonald B, Page F. 2010. Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal particulates: Implications for integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture. 299(1-4):165-169. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.12.002
- Ren JS, Stenton J, Plew DR, Fang J, Gall M. 2012. An ecosystem model for optimising production in integrated multitrophic aquaculture systems. Ecol. Model. 246:34-46. Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2012.07.020
- Ridler N, Wowchuk M, Robinson B, Barrington K, Chopin T, Robinson S, Page F, Reid G, Szemerda M, Sewuster J, Boyne-Travis S. 2007. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. Aquac. Econ. Manag. 11(1): 99-110. Doi: 10.1080/13657300701202767
- Robertson-Andersson DV. 2007. Biological and economical feasibility studies of using *Ulva lactuca* (Chlorophyta) in recirculating systems in abalone farming [tesis doctoral]. Universidad de Cape Town, Sur África.
- Rocha AF. 2012. Avaliação do potencial de criação de juvenis de tainhas *Mugil hospes* e *Mugiliza* em sistema de bioflocos. [Tesis doctoral]. Brasil, Universidad Federal de Río Grande. Río Grande.
- Rocha AF, Biazetti ML, Stech MR, Silva R. 2017. Lettuce production in aquaponic and biofloc systems with silver CATFISH *Rhamdia quelen*. Bol. Inst. Pesca, São Paulo. 44: 64-73. Doi: 10.20950/1678-2305.2017.64.73
- Samocha TM, Schweitzer R, Krummenauer D, Morris TC. 2012. Recent advances in superintensive, zero-exchange shrimp raceway systems. Global Aquac. Advoc. 15:70-71.
- Sará G, Zenone A, Tomasello A. 2009. Growth of *Mytilus galloprovincialis* (mollusca, bivalvia) close to fish farms: a case of integrated multi-trophic aquaculture within the Tyrrhenian Sea. Hydrobiologia. 636(1):129-136. Doi: 10.1007/s10750-009-9942-2
- Schleder DD, Blank M, Peruch LGB, Poli MA, Gonçalves P, Rosa KV, Fracalossi, DM, Vieira FN, Andreatta ER, Hayashi L. 2018. Effect of brown seaweeds on Pacific white shrimp growth performance, gut morphology, digestive enzymes activity and resistance to white spot virus. Aquaculture. 495:359-365. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.020
- Schleder DD, Blank M, Peruch LGBP, Poli MA, Gonçalves P, Rosa KV, Fracalossi DM, Vieira FN, Andreatta ER, Hayashi L. 2020. Impact of combinations of brown seaweeds on shrimp gut microbiota and response to thermal shock and white spot disease. Aquaculture. 519:734-779. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734779
- Schmid M, Kraft LGK, Loos LM, Kraft GT, Virtue P, Nichols PD, Hurd CL. 2018. Southern Australian seaweeds: a promising resource for omega-3 fatty acids. Food Chem. 265. Doi: 10.1016/j.foodchem.2018.05.060
- Schweitzer R, Arantes R, Costódio PFS, Santo CME, Vinatea LA, Seiffert WQS, Andreatta ER. 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system

- operated with no water exchange. *Aquac. Eng.* 56:59-70. Doi: 10.1016/j.aquaeng.2013.04.006
- Silva R, Borges CMS, Bezerra F. 2006. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Sci. Hort.* 110(1): 44-50. Doi: 10.1016/j.scienta.2006.06.006
- Slater MJ, Carton AG. 2009. Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. *Mar. Pollut. Bull.* 58(8):1123-1129. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.008
- Soto D, Mena G. 1999. Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171(1-2):65-81. Doi: 10.1016/S0044-8486(98)00420-7.
- Stabili L, Schirosi R, Licciano M, Mola E, Giangrande A. 2006. Bioremediation of bacteria in aquaculture waste using the polychaete *Sabella spallanzanii*. *New Biotech.* 27(6):774-781. Doi: 10.1016/j.nbt.2010.06.018
- Timmons MB, Ebeling JM, Wheaton FW, Sommerfelt ST, Vinci BJ. 2002. Microbial biofloc and protein levels in green tiger shrimp. Recirculating aquaculture systems. New York: Caruga Aqua Ventures.
- Torres MA, Barros MP, Campos SCG, Pinto E, Rajamani S, Sayre RT, Colepicolo P. 2008. Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: a review. *Ecotox. Environ. Safe.* 71(1):1-15. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2008.05.009
- Troell M, Halling C, Neori A, Chopin T, Buschmann AH, Kautsky N, Yarish C. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*. 226(1-4):69-90. Doi: 10.1016/S0044-8486(03)00469-1
- Troell M, Joyce A, Chopin T, Neori A, Buschmann AH, Fang J. 2009. Ecological engineering in aquaculture-Potential for integrated multitrophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture*. 297(1-4):1-9. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.09.010
- Troell M, Kautsky N, Beveridge M, Henriksson P, Primavera J, Rönnbäck P. 2017. *Aquaculture*. En: Reference Module in Life Sciences. Elsevier. p. 189-201. Doi: 10.1016/B978-0-12-809633-8.02007-0
- Tyson RV, Treadwell DD, Simonne EH. 2011. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *HortTechnology*. 21(1):6-13. Doi: 10.21273/HORTTECH.21.1.6
- Ventura Y, Sagi M. 2013. Halophyte crop cultivation: the case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environ. Exp. Bot.* 92:144-153. Doi: 10.1016/j.environexpbot.2012.07.010
- Wan AHL, Davies SJ, Soler-Vila A, Fitzgerald R, Johnson MP. 2018. Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. *Aquaculture*. 11(3): 458-492. Doi: 10.1111/raq.12241
- Wang X, Broch O, Forbord S, Hand A, Skjermo J, Reitan K. 2014. Assimilation of inorganic nutrients from salmon (*Salmo salar*) farming by the macroalgae (*Saccharina latissima*) in an exposed coastal environment: implications for integrated multi-trophic aquaculture. *J. Appl. Phycol.* 26: 1869-1878. Doi: 10.1007/s10811-013-0230-1
- Yang H, Hamel JF, Mercier A. 2015. *The Sea Cucumber Apostichopus japonicus: History, Biology and Aquaculture*. 1st ed. Cambridge: Academic Press.
- Yu Z, Zhou Y, Yang H, Ma Y, Hu C. 2014. Survival, growth, food availability and assimilation efficiency of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* bottom-cultured under a fish farm in southern China. *Aquaculture*. 426/427: 238-248. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.02.013
- Zamora LN, Jeffs AG. 2011. Feeding, selection, digestion, and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*. 317: 223-228. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.011
- Zamora LN, Jeffs AG. 2012. The ability of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis* to use natural variation in the biodeposits beneath mussel farms. *Aquaculture*. 326-329:116-122. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.11.015
- Zamora LN, Yuan X, Carton AG, Slater MJ. 2018. Role of deposit-feeding sea cucumbers in integrated multitrophic aquaculture: progress, problems, potential and future challenges. *Rev. Aquac.* 10: 57-74. Doi: 10.1111/raq.12147

Forma de citación del artículo:

Naspirán-Jojoa DC, Fajardo-Rosero AG, Ueno-Fukura M, Collazos LF. 2022. Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión. Rev Med Vet Zoot. 69(1): 75-97. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES Y CONSIDERACIONES ÉTICAS

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Alcance: La *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* publica artículos de investigación, de revisión y reportes de caso de todas las áreas de la medicina veterinaria y la zootecnia. La temática que aborda la revista se encuentra incluida dentro de la gran área 4 de las Ciencias Agrícolas, 4B área de Ciencias animales y lechería, 4B01 Ciencias animales y lechería (biotecnología animal 4.D), 4B02 Crías y mascotas, 4C01 Ciencias Veterinarias, según la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

Frecuencia de publicación: Cuatrimestral (3 números por año). Para el envío de manuscritos a consideración del comité editorial de la revista es indispensable cumplir con los siguientes requisitos:

1. Los artículos deben ser inéditos y no deben haber sido publicados o sometidos a consideración en otras revistas o publicaciones técnico-científicas (excepto cuando hayan sido publicados como tesis de grado o como resumen en un congreso). Enviar simultáneamente un mismo artículo a consideración de dos o más revistas es una falta grave a la ética académica.
2. Los autores transfieren los derechos de publicación a la revista, tanto, en su versión impresa como en línea, incluyendo esta última las diferentes bases de datos en las que se encuentre indexada la revista.
3. La publicación del artículo debe haber sido aprobada por todos los coautores (si aplica) y por las autoridades responsables de la institución donde se llevó a cabo la investigación. Para esto es requisito diligenciar y enviar junto con el manuscrito el "Formato información personal de autores" y "Formato autorización para publicación". El autor de correspondencia es responsable de toda la información solicitada por la revista y debe garantizar que el artículo cuente con todas las aprobaciones institucionales necesarias.
4. El documento debe cumplir a cabalidad con las instrucciones para autores establecidas por el comité editorial descritas en este documento "instrucciones para los autores" que pueden también ser consultadas en la página de Internet <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. Los artículos que no se ajusten a estas pautas serán devueltos los autores sin haber sido considerados para evaluación.
5. Después de que el manuscrito es aceptado para publicación, es una condición para la publicación que los autores apoyen y agilicen la corrección y diagramación del manuscrito en los tiempos estipulados por la Revista. Todas las consultas sobre la publicación de manuscritos deben dirigirse al correo rev_fmrvbzog@unal.edu.co
6. Los autores deben revisar cuidadosamente la lista y el orden de los autores antes de enviar su manuscrito y antes de entregar el "Formato autorización para publicación". No se aceptará adición o eliminación de autores excepto en casos en los que se demuestre una justificación jurídica o ética aplicable y solo si lo aprueba el Editor de la revista.

TIPOS DE CONTRIBUCIÓN

La revista acepta los siguientes tipos de contribuciones originales:

Artículo científico: artículo científico original que presenta los resultados de investigaciones que se rigen bajo el método científico. Típicamente consta de las siguientes secciones: resumen, introducción, metodología (materiales y métodos), resultados y discusión y conclusiones.

Reporte de caso: reporte de un caso clínico de relevancia, ya sea por ser el primero en su contexto específico o por sus características particulares que lo hacen de interés para la comunidad científica y

por ende publicable. Debe contener al menos las siguientes secciones: resumen, introducción, descripción del caso (que involucra la respectiva discusión) y conclusión o perspectivas. El formato general del texto, las ilustraciones y las referencias deben seguir las mismas normas exigidas para los artículos de investigación.

Artículo de revisión: revisión crítica de un tema específico desde una perspectiva analítica, interpretativa y crítica del autor, que recurre siempre a fuentes originales. Para este tipo de manuscritos, dentro de la lista de autores al menos un autor debe tener la experiencia investigativa demostrada en el tema o en el área que concierne al artículo. Idealmente una revisión debe presentar un resumen crítico de las investigaciones hasta ahora realizadas y proponer nuevos temas por investigar. Debe contener al menos las siguientes secciones: resumen, introducción, metodología, desarrollo del tema y conclusiones. Se recomienda que el desarrollo del tema contenga subsecciones que permitan la presentación ordenada del asunto a exponer. El texto debe estar citado correctamente y debe contener las opiniones, reflexiones o contribuciones de los autores que tienen experiencia en el tema. Además de someterse al mismo nivel riguroso de revisión científica por pares académicos, como los artículos de investigación, los artículos de revisión serán criticados en función del impacto general al tema que se está revisando, la relevancia, actualidad, las revisiones preexistentes del tema y el reconocimiento de al menos uno de los autores como una figura significativa en el área. El formato general del texto, las ilustraciones y las referencias deben seguir las mismas normas exigidas para los artículos de investigación. Los artículos de revisión se publicarán en el orden de aceptación por la revista, teniendo en cuenta que máximo se publicará 1 artículo de revisión por número. Esto implica que la revista publicará máximo 3 artículos de revisión por año.

REMISIÓN DE MANUSCRITOS

Las contribuciones deben ser sometidas por la plataforma de la revista en la página: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez>. El autor de correspondencia deberá registrarse previamente con usuario y contraseña para poder ingresar y subir la información y archivos del manuscrito y la información de todos los autores. <https://drive.google.com/file/d/1cg5azlC16mwXuEj6iThVzeu7Ky8SVviM/view>

Todos los autores deben contar identificador ORCID para el momento de ingresar sus datos a la plataforma. Este registro no tiene ningún valor asociado. Para la creación del ORCID se puede ingresar al siguiente link: <https://orcid.org/register> Junto con el manuscrito se deben adjuntar el "Formato información personal de autores" (uno por autor) https://docs.google.com/document/d/1rlyLeUJkvspB_kDg5dzBmCCOpKQkZn/edit y "Formato autorización para publicación", que deberá ser firmado por todos los autores. Los formatos podrán ser descargados en el siguiente enlace: <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLf7WvSrb6snh4cL/edit>

Formato

El texto del artículo debe enviarse en MS-Word®, sin incluir tablas ni figuras, las cuales deben presentarse en archivos separados. El texto debe tener máximo 25 páginas en tamaño carta incluida la bibliografía, figuras y tablas. Las páginas deben estar numeradas consecutivamente en el lado inferior derecho, con márgenes de 2,5 cm por cada lado, a doble espacio, con fuente Times New Roman, tamaño de 12 puntos, y cada línea del documento deberá estar enumerada consecutivamente (en MS-Word®: Diseño de página/Números de línea/Continua). Las tablas y las figuras (fotografías, gráficos, dibujos, esquemas, diagramas de flujo,

diagramas de frecuencia, etc.) deberán enumerarse consecutivamente en números arábigos, y además de enviarse separadas en un archivo MS-Word* deberán incluirse los archivos originales (por ejemplo, jpg o MS-Excel*), de acuerdo con el programa con el que hayan sido elaboradas. Todas las tablas y figuras deben haber sido citadas en el texto y deben tener las fuentes de consulta en los casos que corresponda.

Página Inicial con título del manuscrito, nombre y filiación de autores

El título del manuscrito se debe presentar en una página separada del resto del manuscrito, en español (o portugués) y en inglés (obligatorio), en negrilla y centrado. Si incluye nombres científicos se deberá usar nomenclatura binomial. Cuando corresponda, el título debe informar la especie animal a la que hace referencia el manuscrito. Bajo el título se escriben los nombres y apellidos de los autores de la siguiente manera: iniciales de los nombres (con punto), seguidos del primer apellido completo, sin títulos académicos ni cargos laborales y separando cada autor con una coma. El autor para correspondencia debe identificarse con un asterisco. Como pie de página debe indicarse la filiación institucional de cada autor (Universidad, Facultad, departamento, grupo de investigación) incluyendo la dirección, ciudad y país, y la dirección de correo electrónico del autor para correspondencia.

Manuscrito

Debe contener el título del manuscrito en español (o portugués) y en inglés (obligatorio), en negrilla y centrado **sin nombre de los autores ni filiaciones**. Adicionalmente, el manuscrito debe contener las siguientes secciones en orden:

Resumen y palabras clave

Los artículos deben incluir un resumen en español (o portugués) y uno en inglés, de no más de 250 palabras. El resumen debe registrar brevemente todas las partes del documento: los propósitos del estudio o investigación, materiales y métodos (selección de los sujetos del estudio o animales de laboratorio; métodos de observación y de análisis), resultados y discusión (consignando información específica o datos y su significancia estadística siempre que sea posible), y las conclusiones principales. Deberán destacarse las observaciones y aspectos más novedosos y relevantes del estudio. Las palabras clave (máximo cinco) son términos para indexación del artículo en las bases de datos y los buscadores de Internet. Estas deben identificar el contenido del artículo y se deben colocar después del resumen en su correspondiente idioma. Para seleccionar las palabras clave del documento, se sugiere consultar y usar los descriptores del tesoro agrícola multilingüe Agrovoc, creado por la FAO, el cual abarca terminología de la agricultura, silvicultura, pesca, medioambiente y temas afines <http://www.fao.org/agrovoc/es> o los Descriptores en Ciencias de la Salud <https://decs.bvsalud.org/E/homepageec.htm> y <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>. Estas herramientas permiten seleccionar las palabras clave adecuadas para que el artículo sea difundido de forma más efectiva en Internet.

Introducción

Debe presentar una breve revisión de los trabajos previos relacionados con el tema por investigar y finalizar con la justificación y los objetivos de la investigación. La introducción no incluirá resultados o conclusiones del trabajo que se está publicando.

Materiales y métodos

En esta sección se deben describir de forma clara, concisa y secuencial, los materiales (animales, implementos de laboratorio) utilizados en desarrollo del trabajo, además de los procedimientos o protocolos seguidos y el diseño experimental escogido para el tratamiento estadístico de los datos. La información aquí consignada debe permitir a otros investigadores reproducir el experimento en detalle. Este apartado puede tener subtítulos y no debe incluir ningún resultado ni discusión de los hallazgos.

En la sección de materiales y métodos se debe declarar la aprobación del estudio por parte del **Comité de Ética para experimentación con animales** al cual fue sometida la investigación antes de su ejecución. Indicar nombre del comité de ética, fecha, número de acta de aprobación.

Resultados y discusión

En esta sección se deben describir los resultados en orden lógico y de manera objetiva y secuencial, apoyándose en las tablas y figuras. Este apartado puede también incluir subtítulos y debe discutir los datos presentados. La discusión debe ser una síntesis de la confrontación de los datos obtenidos en el estudio con respecto a la literatura científica relevante (citando solo los principales estudios realizados en el tema) que además interprete las similitudes o los contrastes encontrados. Se enfocará hacia la interpretación de los hallazgos experimentales y no repetirá los datos e información presentados en la introducción ni en los resultados. Los resultados y discusión deben ser presentados en la misma sesión de forma ordenada, discutiendo cada resultado después de ser presentado.

Conclusiones

En esta sección se relacionan los hallazgos más relevantes de la investigación, es decir, aquellos que constituyan un aporte significativo para el avance del campo temático explorado, además de considerar un direccionamiento sobre futuras investigaciones.

Conflicto de intereses. Ocurren cuando se puede percibir razonablemente que cuestiones ajenas a la investigación afectan la neutralidad u objetividad del trabajo o su evaluación. Los autores deberán declarar no tener relaciones de interés comercial o personal dentro del marco de la investigación que condujo a la producción del manuscrito sometido. El autor de correspondencia es responsable de que los coautores revisen y declaren que no tienen conflicto de intereses.

Reconocimientos/Fuentes de financiación. Se deben describir los tipos de apoyo recibido tales como financiación, patrocinios, becas o suministro de equipos, entre otros. Por ejemplo: "Este trabajo fue apoyado por el Consejo de Investigación en Ciencias Naturales [Número de proyecto- Acta]."

Agradecimientos

En esta sección se agradece por las contribuciones importantes en cuanto a la concepción, o realización de la investigación: especialistas, firmas comerciales, entidades oficiales o privadas, asociaciones de profesionales y auxiliares de campo y laboratorio.

Referencias

La citación de referencias bibliográficas que sustentan frases dentro del texto se debe ceñir a las normas de estilo del Council of Science Editors (CSE) algunas de las cuales se muestran a continuación: dentro del texto se hará uso del sistema "autor(es) año" si se trata de uno o dos autores: (Jiménez 2009), (Pineda y Rodríguez 2010); si la publicación citada tiene tres o más autores, se cita el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina *et al.*: (Bernard *et al.*, 2003). Si se citan varias referencias seguidas, deberán organizarse en orden alfabético, separadas por punto y coma (;) (Hänsel y Gretel 1990; Hergé *et al.*, 1983). Si el autor o autores se citan directamente en el texto se utiliza la misma notación, pero con el año entre paréntesis: Ejemplo: Wagner (1982) encontró que el agua es vida, mientras que Vivaldi y Pergolesi (1988) afirman lo contrario. Los investigadores Magendiendav *et al.* (1845) descubrieron que los perros pueden recibir terapias homeopáticas. Las referencias bibliográficas completas van al final del artículo en orden alfabético de autores; si en la lista de referencias se citan varias publicaciones del mismo autor o autores se listan en orden cronológico desde la más antigua hasta la más reciente. Todas las referencias de artículos científicos deben tener indicado al final el "Digital Object Identifier" (DOI) si el artículo lo tiene asignado por una revista. No es recomendable el uso de otras fuentes de información como tesis, trabajos de grado o memorias de eventos. Se anima a los autores

a usar como fuente de consulta documentos que estén en bases de datos indexadas y preferiblemente que tengan DOI asignado. Las contribuciones que no cumplan con las normas de estilo bibliográfico serán devueltas sin ser consideradas para evaluación. Para obtener más ejemplos sobre el sistema de citación del Council of Science Editors (CSE) recomendamos remitirse al siguiente enlace: <http://www.scientificstyleandformat.org/Tools/SSF-Citation-Quick-Guide.html>

Libros

Gilman AG, Rall TW, Nies AS, Taylor P. 1990. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.

Capítulos de libro

Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. En: Leeson S, Summers JD, editores. Scott's Nutrition of the Chicken. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.

E-Book

Rollin, BE. 1998. The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science [Internet]. Ames(IA): Iowa State University Press; [Citado 2008 agosto 9]. Disponible en: <http://www.netlibrary.com>.

Artículo de revista

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. Avian Pathol. 39:405-409. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.510500>
Nota: se deben anotar las iniciales de todos nombres que tengan los autores. Los nombres de las revistas se deben registrar en su forma abreviada; para consultar el nombre abreviado de las revistas sugerimos consultar el ISI Journal Title Abbreviations: http://www.zxlei.cn/science/isi/M_abrvjt.html

Artículo de revista o información publicada únicamente en forma electrónica

Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA supercoiling to transcription in defined protein systems. J Biol Chem [Internet]. [citado 2007 July 24]; 279(46):47564-47571. Disponible en: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/279/46/47564>

Tablas

- Se deben evitar las tablas demasiado grandes. Si se tienen muchos datos en una tabla, se recomienda dividirla en dos o más.
- Cada tabla debe tener un título corto y explicativo en la parte superior, sin abreviaturas.
- No deben emplearse líneas verticales para separar las columnas y, por tanto, debe existir suficiente espacio entre ellas.
- Cualquier explicación esencial para entender la tabla debe presentarse como una nota en la parte inferior de esta.
- Los encabezados de columna deben ser breves, pero suficientemente explicativos.
- Cada tabla debe haber sido referenciada en el texto.
- Todas las tablas deben indicar la fuente de la información, sino se declara la fuente, se asume que son el resultado del trabajo que está siendo publicado.

Figuras

- Las gráficas deben ser a una sola tinta con porcentajes de negro para las variaciones de las columnas, las líneas de las curvas deben ser de color negro, puntuadas o continuas usando las siguientes convenciones: ▲, ■, ●, ◆, ◊, ○, □, △
- En caso de fotografías o mapas (originales o escaneados) estos deben enviarse en archivos independientes, en formato tiff o jpg con un mínimo de 600 dpi de resolución y adicionalmente dentro de un archivo MS-Word® en el que se incluya su título (corto y explicativo) en la parte inferior.
- Al igual que las tablas, deben enumerarse con números arábigos en forma consecutiva, y debe hacerse referencia en el texto a cada una de las figuras presentadas.

- Cada figura debe tener un título corto y explicativo en la parte superior, sin abreviaturas
- Todas las figuras deben indicar la fuente de la información, de no declararse la fuente, se asume que son el resultado del trabajo que está siendo publicado.

Nomenclatura

- Las unidades deben expresarse de acuerdo con el Sistema Métrico Decimal (SI).
- Los autores aceptarán la normatividad colombiana, así como la trazada por el *International Code of Botanical Nomenclature*, el *International Code of Nomenclature of Bacteria*, y el *International Code of Zoological Nomenclature*.
- Toda la biota (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, peces, etc.) debe estar identificada en nomenclatura binomial (nombre científico), a excepción de los animales domésticos comunes.
- Todos los medicamentos, biocidas y demás sustancias de uso comercial deben presentar el nombre de su principio activo principal o nombre genérico.
- Para la nomenclatura química se usarán las convenciones determinadas por la *International Union of Pure and Applied Chemistry así como por la Comisión on Biochemical Nomenclature*.

NORMAS DE ESTILO

- Se debe redactar en voz activa (se evaluaron dos metodologías, y no: dos metodologías fueron evaluadas) y en forma impersonal, es decir, tercera persona del singular (se encontró, y no: encontré o encontramos).
- En cuanto a los tiempos verbales, el uso común es el pasado para la introducción, procedimientos y resultados, y el presente para la discusión.
- En general, se recomienda evitar el uso del gerundio. Recurra a esta forma verbal solo para indicar dos acciones simultáneas; en los demás casos, redacte diferente la frase (reemplazar: un protocolo fue establecido, minimizando el efecto negativo..., por: se estableció un protocolo con el cual se minimizó el efecto negativo...).
- Las letras cursivas o itálicas se usan para los nombres científicos (sistema binomial) y palabras o expresiones en idioma extranjero.
- El significado de las siglas y abreviaturas debe explicarse cuando se mencionan por primera vez en el texto. Posteriormente, se debe usar solamente la sigla o abreviatura.
- Las siglas no tienen forma plural; este se indica en las palabras que la acompañan: las ONG, dos Elisa.
- Las abreviaturas del SI no deben ir con punto, en plural o en mayúscula: 1 kg, 25 g, 10 cm, 30 m, etc. Consulte el SI en: <https://bit.ly/3n5W8Qp>
- Entre el valor numérico y el símbolo debe ir un espacio: 35 g (no 35g); $p > 12$ (no $p>12$); excepto para los signos: °C, %, +, - (estos dos últimos cuando indican positivo y negativo). Ejemplos: 99%, +45, -37.
- En una serie de medidas, el símbolo va al final: hileras a 3, 6 y 9 m, o 14, 16 y 18%.
- La barra oblicua (/) es un signo lingüístico que en alguno de sus usos significa "por": tres perros/perrera, 4 tabletas/día, 2 l/matera, 10 frutos/rama. Uno de sus usos no lingüísticos es expresar los cocientes de magnitudes y unidades de medida: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.
- Uno de los usos no lingüísticos del punto (·) es indicar la multiplicación de dos cantidades, caso en que se coloca separado de estas y a media altura: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.
- El punto (.) se usa para separar los miles y la coma (,) se usa para separar decimales.
- Las unidades que se basan en nombres se usan en minúsculas: un siemens (con algunas excepciones como cuando el símbolo se deriva de un nombre propio: °C, grados Celsius).

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Autoría. Se considera autor a todo aquel que haya realizado una contribución directa y sustancial al contenido del manuscrito. Esta contribución debe incluir su participación en aspectos tales como la concepción del ensayo y del diseño experimental, la obtención de los datos crudos, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados, la aplicación del modelo estadístico apropiado, la redacción del manuscrito y la investigación bibliográfica asociada, la validación de datos, escritura, revisión y edición. Cada autor deberá estar en capacidad de explicar su participación directa en la publicación y de sustentar el contenido de la misma ante el Comité Editorial en caso de ser requerido. La inclusión de autores honorarios (contribución autoral impropia) se considera un comportamiento no ético. La declaración de la contribución de cada autor en el manuscrito debe ser declarada en el documento denominado "Formato información personal de autores". No se aceptará adición o eliminación de los autores excepto en casos en los que se demuestre una justificación jurídica o ética aplicable y solo si lo aprueba el Editor de la revista.

Aprobación de comité de Ética:

Toda investigación que utilice animales en su experimentación, deberá declarar en el manuscrito, en la sección de materiales y métodos, la aprobación de un **Comité de Ética** para experimentación con animales (nombre del comité de ética, acta y fecha de aprobación) del estudio realizado.

Sometimiento de manuscritos. Los documentos sometidos para evaluación y posible publicación no deberán ser presentados simultáneamente a otra revista (o revistas). Esto invalida su originalidad y compromete los derechos sobre su publicación.

Integridad de la investigación. La fabricación o falsificación de resultados a través de la manipulación de equipos, materiales o procesos de investigación, el cambio u omisión de datos y resultados, el plagio (mención de los resultados propios o de otros sin hacer claridad de ello de acuerdo con las normas de citación bibliográfica) o la publicación fragmentada (someter fragmentos de una investigación en forma de artículos independientes), son comportamientos no éticos e inaceptables.

Evaluación de artículos. Los evaluadores solo aceptarán la revisión de aquellos manuscritos cuyo tema sea de su completo dominio. Se espera una opinión objetiva desde el punto de vista académico y científico, alejada de condicionamientos personales. Durante todo el proceso, el evaluador conservará la confidencialidad total del contenido del manuscrito y no deberá transferir la responsabilidad asignada a un tercero (coinvestigador, estudiante de posgrado u otros). Si durante el periodo de revisión el evaluador considera que tiene algún impedimento de tipo ético o conflicto de intereses deberá suspender la evaluación y así comunicarlo al Comité Editorial.

Revisión por pares:

Todos los manuscritos que sean sometidos a la revista deberán cumplir con las normas de presentación, estilo y citación propias de la revista descritas en este documento ("Instrucciones para los autores"). En caso contrario, los documentos serán devueltos y el proceso de búsqueda y asignación de jurados será aplazado hasta que los autores hayan hecho los ajustes pertinentes.

En primera instancia los manuscritos sometidos serán revisados por el editor de la revista para determinar si entran dentro del área temática de la publicación, en caso afirmativo se aprobará la asignación y envío a pares académicos mediante la modalidad de doble ciego con cuando menos dos evaluadores por manuscrito; en caso contrario, se enviará un email a los autores indicando que el artículo no es aceptado para continuar con el proceso de revisión por pares académicos.

La evaluación por pares académicos procurará identificar los aportes a la innovación científica tecnológica o pedagógica de las propuestas, frente al estado vigente de conocimiento en una disciplina; los jurados deben emitir un concepto de aprobación, modificación o reprobarción y en caso de un concepto dividido por

parte de los evaluadores, el manuscrito será enviado a un tercer evaluador experto en el área para definir si se acepta o se rechaza el manuscrito. El Comité editorial o el editor en jefe, podrán recomendar o negar la publicación del manuscrito, o solicitar la corrección de forma o de fondo del mismo.

Los criterios considerados durante la evaluación serán:

- Cumplimiento de las normas de estilo de la revista
- Pertinencia de contenido: los textos deberán abordar las cuestiones que resulten relevantes de manera directa o indirecta, para la comprensión de alguna de las disciplinas de la salud y la producción animal.
- Originalidad, novedad, relevancia del tema.
- Calidad científica: Se deben usar metodologías apropiadas al tema estudiado, ser comprensibles y posibles de reproducir.
- Rigor argumental: los trabajos deberán tener un pensamiento formal coherente y lógico.
- Coherencia metodológica: concordancia entre el planteamiento del problema, los objetivos, resultados e interpretaciones.
- Claridad conceptual: correspondencia entre términos científicos o técnicos empleados en la finalidad temática.
- Si los artículos son aceptados para publicación, los autores deberán corregirlos de acuerdo con las observaciones de los pares y/o del comité editorial dentro del tiempo otorgado para ello. Las observaciones que no sean aceptadas por los autores deberán contar con un sustento apropiado y enviadas en un documento adjunto al manuscrito corregido indicando la página y el número de línea al que hace referencia, estos cambios y aclaraciones serán evaluados por el editor correspondiente. El editor y el comité editorial se reservan el derecho de rechazar o aceptar los materiales enviados para su publicación.

Ética en el proceso de publicación

Los Editores se comprometen a identificar y evitar la publicación de artículos en los que se haya producido una mala conducta en la investigación. Se consideraría una falta grave de ética si la editorial permite la publicación de artículos en los que se ha identificado alguna situación de mala conducta. Por ello, los Editores utilizarán las herramientas disponibles para identificar este tipo de situaciones, incluida la aplicación de software destinado a identificar el plagio en cada manuscrito recibido. El Comité Editorial rechazará de inmediato cualquier manuscrito que haya sido identificado como involucrado en algún tipo de mala conducta científica, reportando las pruebas correspondientes a los autores. En cualquier caso, el autor debe tener la oportunidad de responder a cualquier denuncia.

Los Editores de la revista se asegurarán de que se cumplan las buenas prácticas editoriales descritas en esta declaración. Se trata de un compromiso institucional que involucra no solo a la revista en sí, sino también al nombre y prestigio de la "Universidad Nacional de Colombia" como editorial.

Cuando sea necesario, los Editores publicarán las correcciones, aclaraciones, retractaciones y disculpas.

Derechos de autor:

Aquellos autores/as que tengan publicaciones con esta revista, aceptan los términos siguientes:

- a) Los autores/as conservarán sus derechos de autor y de publicación y garantizarán a la revista el derecho de primera publicación de su obra, el cual estará simultáneamente sujeto a la Licencia de reconocimiento de Creative Commons que permite a terceros compartir la obra siempre que se indique su autor y su primera publicación (esta revista).
- b) Los autores/as podrán adoptar otros acuerdos de licencia no exclusiva de distribución de la versión de la obra publicada (p. ej.: depositarla en un archivo telemático institucional o publicarla en un volumen monográfico) siempre que se indique la publicación inicial en esta revista.
- c) Se permite y recomienda a los autores/as difundir su obra a través de Internet (p. ej.: en archivos telemáticos institucionales o en su

página web), lo cual puede producir intercambios interesantes y aumentar las citas de la obra publicada. <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLfe7WvSrb6snh4cL/edit>
d) Las tablas y figuras que no indiquen en su parte inferior la fuente de la información se consideran resultados del estudio que está siendo publicado, es decir, que fueron elaborados por los autores del manuscrito basados en la información obtenida y procesada en la investigación, reporte de caso, etc que está siendo publicado.

Autorización de publicación y acuerdo editorial

Una vez sometidos los manuscritos, los autores/as confieren a la dirección editorial de la Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia en su versión impresa (ISSN 0120-2952) y en su versión online (ISSN 2357-3813) la autorización para su publicación de acuerdo a los criterios establecidos en el “Formato

autorización para Publicación” que deberán firmar todos los autores. <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLfe7WvSrb6snh4cL/edit>

Declaración de privacidad y Política de tratamiento de datos personales

La información y datos personales solicitados en el proceso editorial se usarán exclusivamente para los fines propios de la revista, como los procesos de indexación ante Publindex de Minciencias y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona. Los datos personales serán tratados de acuerdo a la Política de tratamiento de datos de la Universidad Nacional de Colombia. Para mayor información consultar el siguiente link: <https://unal.edu.co/tratamiento-de-datos-personales.html>

GUIDE FOR AUTHORS AND ETHICAL CONSIDERATIONS

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

The *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* publishes research articles, review and case reports in all areas of veterinary medicine and animal science.

The topic addressed by the journal is included within the Agricultural Sciences area, Animal and dairy sciences area, animal biotechnology, Veterinary Sciences area, according to the classification of the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

Publication frequency: Quarterly (3 issues per year).

For manuscript submission to the editorial committee of the journal it is necessary to comply with the following requirements:

1. Contributions must be original and must not have been submitted to any other journal (except when they have been published as theses or as abstracts in a congress).
2. The authors transfer all publication rights to the journal, in both printed and electronic versions. Electronic versions include all databases where the journal has been indexed.
3. The article publication must have been approved by all coauthors and by the authorities where the research took place. It is a requirement to fill out and send together with the manuscript the forms: "Author information form" and "Publication agreement form". The corresponding author is responsible for all the information requested by the journal and must ensure that the article has all the necessary institutional approvals.
4. The submission must comply with all requirements described in the present document which can also be downloaded from the journal web site: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. Submissions that do not comply with these requirements will be returned to the authors without consideration for evaluation.
5. After the manuscript is accepted for publication, it is a condition that the authors support and expedite the manuscript correction in the times stipulated by the Journal. All inquiries about the publication of manuscripts should be directed to the email rev_fmrvbog@unal.edu.co
6. Authors should carefully review the list and the order of the authors before submitting their manuscript and before submitting the "Publication agreement form". The addition or deletion of authors will not be accepted except in cases in which an applicable legal or ethical justification is demonstrated and only if approved by the Journal Editor.

TYPES OF CONTRIBUTIONS

The journal accepts the following types of original contributions:
Scientific article: original scientific paper reporting the results of a research conducted under the scientific method. It typically contains the following sections: Abstract, introduction, materials and methods, results and discussion (either individually or combined) and conclusions.

Case report: report of clinical cases that become relevant and publishable due to their specific context. It must contain at least the following sections: Abstract, introduction, description of the case (which involves the discussion) and conclusion or perspectives. The general format of the text, illustrations and references should follow the same standards required for research articles.

Review article: critical review of a specific topic from an analytical, interpretative and critical perspective of the author, who always uses original sources. For this type of manuscript, within the list of authors at least one author must have proven research experience in the subject or area that concerns the article. Ideally, a review should present a critical summary of the research carried out so far and propose new topics to be investigated. It must contain at least the following sections: summary, introduction, methodology,

development of the topic and conclusions. The development of the topic must contain subsections to present the ideas in order. The text must be correctly cited and must contain the authors opinions as a contribution to the manuscript. In addition to undergoing the same rigorous level of academic peer review as research articles, review articles will be critiqued based on the overall impact of the topic being reviewed, the relevance of the topic, pre-existing reviews and the recognition of the authors in the area. The general format of the text, illustrations and references should follow the same standards required for research articles. Review articles will be published in the order of acceptance by the journal, a maximum of 1 review article per issue will be published. This implies that the journal will publish maximum 3 review articles per year.

ARTICLE SUBMISSION

Contributions must be submitted by the journal's platform on the page: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. The corresponding author must register with a username and password to be able to enter and upload the manuscript files and the information of the rest of the authors. <https://drive.google.com/file/d/1cg5azlC16mwxuEj6iThVzeu7Ky8SViM/view> All authors must have an ORCID identifier at the time of entering their data on the platform. To create the ORCID you can enter the following link: <https://orcid.org/register> Along with the manuscript, the forms of "Author Information form" (one per author) https://docs.google.com/document/d/1rlyLelUJkvspb_kDg5dzBmCCOpKQukZn/edit and of "Publication agreement form" must be attached, which must be signed by all authors. The forms can be downloaded at the following link: <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDadYndCndLfe7WvSrb6snh4cLj/edit>

The article text must be submitted in MS-Word*, without tables or figures, which shall be sent in separate files. It is recommended that the text is no longer than 25 pages, letter size, numbered consecutively at the bottom right corner with margins of 2.5 cm on each side. Lines shall be numbered consecutively. Use Times New Roman 12 pt font.

Tables and figures shall be numbered consecutively in the text using Arabic numbers and shall be sent inserted in MS-Word* files as well as in its original format (e.g. jpg o MS-Excel*). All tables and figures must be mentioned in the text. All tables and figures must have the sources when it corresponds.

Essential title page information

This part should be presented on a separate page from the rest of the manuscript. The title must be written in English and Spanish, in bold, and centered. If scientific names are used, they must be written using the binomial system. When applicable, the title should inform the animal species to which the manuscript refers. The name of the authors must be written under the title as follows: given name initials (with periods) follow by the last name with no academic titles. Each author is separated of the next one by a comma. The corresponding author will be identified with an asterisk. Each author's affiliation shall be shown as a footer including address, city and country as well as the electronic address of the corresponding author.

Manuscript structure

It must contain the title of the manuscript in English and in Spanish (mandatory), in bold and centered without the name of the authors or affiliations (to guarantee the double-blind process in the academic review process). Additionally, the manuscript must contain the following sections in order:

Abstract and key words

Articles shall include an abstract in English and another in Spanish which must contain up to 250 words. The abstract shall include a brief description of all parts of the article including the objectives, materials and methods, results and discussion, and conclusions. The most important findings of the study should be highlighted in the abstract.

Key words (up to five) are terms for indexation of the article on databases and Internet search engines. They shall identify the article contents and. Key words shall be placed after the summary in each language. To select the key words it is recommended to consult the descriptors of the agricultural thesaurus AGROVOC of the FAO (<http://aims.fao.org/website/Search/sub>) and DeCS (<http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm> and <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=mesh>). These tools help select appropriate key words so that the article is more visible on the Internet.

Introduction

This section shall present a brief review of previous studies related to the topic of research and shall finish with a brief justification of the study and its objectives. The introduction shall not include data or conclusions of the study being described.

Materials and methods

This section must describe in clear, concise and logical form both the materials (animals, laboratory equipment, etc.) used as well as the detailed description of the techniques or protocols followed. This information given shall allow another research to be able to perform the same experiment(s) in detail. This section shall also describe the statistical treatment of the data and shall not include results or discussion of the results. Must include the statement of approval by an ethics committee for animal experimentation to which the project or research was submitted. Indicate the name of the ethics committee (institution, date, act number etc).

Results and discussion

This section shall describe the results in a logical order and in an objective and sequential fashion with the help of tables and figures. This section might include subheadings and shall discuss the data presented. The results and discussion must be presented in the same session in an orderly manner, discussing each result after it is presented. The discussion shall be a synthesis of the comparison of the observed data against published relevant literature with an interpretation of the similarities and differences found. It will focus on the interpretation of the experimental findings and shall not repeat information presented in the introduction or the results sections. In some cases, it is possible to combine the results and discussion sections in one.

Conclusions

This section describes the most relevant findings of the research conducted, that is, those that make a significant contribution to the advancement of the specific topic investigated. It shall also point out towards future research needed.

Conflict of interests. When it can be reasonably perceived that issues outside the investigation affect the neutrality or objectivity of the work or its evaluation. Authors must declare that they have no relationships of commercial or personal interest within the framework of the research that led to the production of the submitted manuscript. The corresponding author is responsible for the co-authors to review and declare that they have no conflict of interest.

Funding. The types of support or grant received should be described, such as financing, sponsorships, scholarships or equipment supply, among others. For example: "This work was supported by the Natural Sciences Research Council [project number]."

Acknowledgements

When necessary, acknowledgements can be given in this section to people or institutions that helped with the satisfactory development of the study being reported.

References

For referring publications in the text, the Council of Science Editors (CSE) style must be used: "author(s) year" system shall be used for one or two authors: (Jiménez 2009), (Pineda y Rodríguez 2010); if the publication has three or more authors the last name of the first author is cited with the latin expression *et al.* in italic: (Bernard *et al.* 2003). When more than one reference is cited they shall be organized in alphabetical order, separated by a semicolon (;): (Hänsel and Gretel 1990; Hergé *et al.* 1983). When the author is cited within the sentence the same notation shall be used but with the year in brackets: Wagner (1982) found out that water wets but Vivaldi and Pergolesi (1988) do not agree. The complete references shall be included at the end of the article according to the format described below. When two or more references of the author are cited they shall be listed in chronological order starting with the oldest one. All references to scientific articles must have the "Digital Object Identifier" (DOI) indicated at the end

Contributions that do not comply with the references' requirements will be returned to the authors without consideration for publication.

The use of other sources of information such as thesis, graduate work or memories of events is not recommended. Authors are encouraged to use as source of consultation documents that are in indexed databases and preferably that have DOI assigned. For more information about the Council of Science Editors (CSE) style:

<http://www.scientificstyleandformat.org/Tools/SSF-Citation-Quick-Guide.html>

- **Book**

Gilman AG, Rall TW, Nies AS, Taylor P. 1990. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.

- **Book chapter**

Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. In: Leeson S, Summers JD editores. Scott's Nutrition of the Chicken. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.

- **E-Book**

Rollin, BE. 1998. The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science [Internet]. Ames(IA): Iowa State University Press; [Citado 2008 agosto 9]. Disponible en: <http://www.netlibrary.com>.

- **Journal article**

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. Avian Pathology 39:405-409. Doi: 10.1080/03079457.2010.510500.

Please note that the initials of all author's given names must be included. For journal title abbreviations: <http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISLabbr/>

- **Journal article or document published only online**

Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA supercoiling to transcription in defined protein systems. J Biol Chem [Internet]. [citado 2007 July 24]; 279(46):47564-47571. Disponible en: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/279/46/47564>.

Tables

- Too large tables shall be avoided. If there is too much information in a table, it is recommended to split it in two or more.
- Each table shall have a short but explicative title on top (without abbreviations and with a period at the end).
- No vertical lines shall be included in the tables.
- Any additional explanation to the table shall be presented a note at the bottom.
- Column titles shall be short but explicative.
- Each table must be referenced in the text.
- All tables must indicate the source of the information, if the source is not declared, it is assumed that they are the result of the work that is being published.

Figures

- Figures must be black and white with grayscale to show variations. The following symbols can be used for graphs: ▲, ■, ●, ◆, ◊, ○, □, △
- Photographs or maps (either originals or scanned) must be sent as individual files, in tiff or jpg format and a minimum of 600 dpi of resolution. Additionally, these graphs must be sent embedded in a MS Word® file with the title of the figure at the bottom.
- Figures shall be numbered with Arabic numbers, consecutively and each one must be referenced in the text.
- Each figure must have a short and explanatory title at the top, without abbreviations
- All figures must indicate the source of the information, if the source is not declared, it is assumed that they are the result of the work that is being published.

Nomenclature

- Units must be expressed in the International System of Units (SI).
- Authors must follow the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
- All living organisms must be identified with the binomial system, except for common domestic animals.
- Drugs, biocides and all substances of commercial use shall be named by the active chemical ingredient or generic name (not the commercial name).
- For chemical notation authors must follow the rules of the *International Union of Pure and Applied Chemistry and the Commission on Biochemical Nomenclature*.

OTHER REQUIREMENTS

- Italic font must be used for Latin names (binomial system) and words or expression written in a different language.
- The meaning of abbreviations must be explained in full the first time they are used. Afterwards use only the abbreviation.
- Abbreviations do not have a plural form: one NGO, two ELISA.
- SI abbreviations shall not have a period at the end or be written in plural or upper case letters: 1 kg, 25 g, 10 cm, 30 m, etc. Please see: <https://bit.ly/3n5W8Qp>
- Always insert a space between the numeric value and the symbol: 35 g (not 35g), p > 12 (not p>12); except for the signs %, +, - (these last two when meaning positive and negative). For example: 99%, +45, -37.
- In a series of measurements the symbol goes at the end. For example: 3, 6 and 9 m (except for the percentage sign which is always written: 14%, 16% and 18%).
- The slash bar (/) is a linguistic sign used sometimes instead of the word per: ten chicks /pen, 4 tablet/d, 10 fruits/branch. This symbol can be used in a no linguistic context to express quotients of measurement and unit magnitudes: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.
- The sign period can be used in a no linguistic context to indicate multiplication. In this case it is used separated and in the middle: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.
- In English language the period (.) is used to separate decimals and the comma (,) to separate thousands.
- Name-based units must be written in lower case (for example: one siemens), except when they are derived from a proper name: °C, degrees Celsius.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Authorship. Only a person who has made a significant and substantial contribution to the manuscript shall be included as author. This contribution shall include his/her participation in tasks such

as the conception of the experiment and the experimental design, raw data collection, data validation, writing, review and editing, data reduction, analysis and interpretation of results, application of the appropriate statistical model, elaboration of the manuscript and bibliographical search. Every author shall be able to explain his direct involvement with the manuscript and be able to defend its contents if the Editorial Committee so requires. Including honorary authors (improper author contribution) is considered unethical and unacceptable. Contribution of each author in the manuscript must be declared in the "Author information form". The addition or deletion of authors will not be accepted except in cases in which an applicable legal or ethical justification is demonstrated and only if approved by the Editor of the journal.

Ethics committee approval: All research that uses animals in their experimentation, must declare in the materials and methods section, the Ethics Committee for experimentation with animal's approval (name of the ethics committee, act and date of approval).

Manuscript submission. Documents submitted for evaluation and possible publication must not be submitted to other journal(s) simultaneously. This voids its originality and compromises the publication rights.

Manuscript integrity. Fabrication or making up results through instrument, materials or research processes manipulation, changing or omitting results or data, plagiarism (citation of his/her own or other's results without clarification according to citation rules), fragmented submission (submission of fragments as independent articles, also known as "salami science") are all considered unethical practices and are unacceptable.

Manuscript evaluation. Reviewers will only accept to review manuscripts that are within their area of expertise. Their opinions shall be objective and based only on academic and scientific grounds, without any personal consideration. During the evaluation process the reviewer must keep the contents of the manuscript confidential and shall not assign the reviewing task to any other person (co-researcher, graduate student, etc.). If during the reviewing process the referee finds any conflict of interest or any ethical conflict, he/she shall stop the evaluation process and let the Editorial Committee know about this.

Conflict of interests. Authors need to declare that they do not have any commercial or personal interest with the research that resulted in the production of the submitted manuscript.

Acknowledgements. Any type of support received, including financial resources, scholarships, and equipment shall be mentioned and acknowledged.

Peer Review process:

All manuscripts submitted to the journal must comply with the presentation, style and citation standards of the journal described in this document. Otherwise, the documents will be returned and the peer review process will be postponed until the authors have made the pertinent correction.

In the first instance, the submitted manuscripts will be reviewed by the journal editor to determine if the manuscript is into the interest area, if so, the assignment and sending to academic peers will be approved through the double-blind modality with at least two evaluators by manuscript; otherwise, an email will be sent to the authors indicating that the article is not accepted to continue with the academic peer review process.

The evaluation by academic peers will try to identify the contributions to the scientific, technological or pedagogical innovation of the proposals, compared to the current state of knowledge in a discipline; the academic reviewers must give a concept of approval, modification or disapproval. In case of a divided concept by the evaluators, the manuscript will be sent to a third expert reviewer in the area to define if the manuscript is accepted or rejected. The Editorial Committee or the editor-in-chief may recommend or deny the publication of the manuscript, or request the correction of its form or material.

The criteria considered during the evaluation will be:

- Compliance with the style rules of the journal

- Relevance of content: the texts should address the issues that are relevant, directly or indirectly, for the understanding of any of the disciplines of health and animal production.
- Originality, novelty, relevance of the topic.
- Scientific quality: Appropriate methodologies must be used to the subject studied, be understandable and possible to reproduce.
- Rigor of argumentation: the works must have a coherent and logical formal thought.
- Methodological coherence: agreement between the problem statement, the objectives, results and interpretations.
- Conceptual clarity: correspondence between scientific or technical terms used in the thematic purpose.

If the articles are accepted for publication, the authors must correct them according to the observations of the peers and / or the editorial committee within the time allotted for it. The observations that are not accepted by the authors must have an appropriate support and sent in a document attached to the corrected manuscript indicating the page and the line number to which it refers, these changes and clarifications will be evaluated by the corresponding editor. The editor and editorial committee reserve the right to reject or accept materials submitted for publication.

Publication ethics

* The Editors are committed to identify and avoid the publication of papers where research misconduct has occurred. It would be considered a serious lack of ethics if the publisher allows the publication of articles in which any situation of misconduct has been identified. For this reason, the Editors will make use of the tools available to identify this kind of situations, including the application of software intended to identify plagiarism in every manuscript received. The Editorial Board will immediately reject any manuscript that has been identified to be engaged in any kind of scientific misconduct, reporting the corresponding evidence to the authors. In any event, the author should be given the opportunity to respond to any allegations.

* The Editors of the journal shall ensure that the good editorial practices described in this statement are accomplished. This is an institutional commitment involving not only the journal itself but also the name and prestige of the "*Universidad Nacional de Colombia*" as publisher.

* When needed, the Editors shall publish any corrections, clarifications, retractions, and apologies.

Copyright:

Those authors who have publications with this journal, accept the following terms:

- Authors will retain their copyright and publication rights and will guarantee the journal the right of first publication of their work, which will be simultaneously subject to the Creative Commons Recognition License that allows third parties to share the work as long as its author and its first publication in this journal are indicated.
- Authors may adopt other non-exclusive license agreements for the distribution of the published version of the study published (eg: deposit it in an institutional telematic archive or publish it in a monographic volume) as long as the initial publication in this journal is indicated
- Authors are allowed and recommended to disseminate their work through the Internet (eg: in institutional telematic files or on their website), which can lead to interesting exchanges and increase the citations of the published work. (See The effect of open access).
- Tables and figures that do not indicate the source of the information are considered results of the study that is being published, it means that are prepared by the authors of the manuscript based on the information obtained and processed in the research, case report, etc.

Publication authorization and editorial agreement

Once the manuscripts have been submitted, the authors confer on the editorial management of the "Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia" in its printed version (ISSN 0120-2952) and in its online version (ISSN 2357-3813) the authorization for its publication according to the criteria established in the "Publication Agreement form" that all authors must sign. <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLf e7WvSrb6snh4cL/edit>

Privacy Statement and Personal Data Protection Policy

The information and personal data requested in the editorial process will be used exclusively for the journal's own purposes (such as the indexing processes in Publindex de Minciencias-Colombia) and will not be available for any other purpose or other person. Personal data will be treated in accordance with the Data Processing Policy of the Universidad Nacional de Colombia. More information on the following link: <https://unal.edu.co/tratamiento-de-datos-perso>

INSTRUÇÕES AOS AUTORES E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Escopo: A Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria e Zootecnia publica artigos de pesquisa, artigos de revisão e relatos de casos de todas as áreas da medicina veterinária e a Zootecnia. O assunto abordado pelo jornal está incluído na grande área de Ciências Agrárias, área de Ciências Animais e leiteiras, Ciências Animais e láticas (biotecnologia animal), Animais de estimação, Ciências Veterinárias, de acordo com a classificação da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Frequência de publicação: Trimestral (3 edições por ano).

Para o envio dos manuscritos para consideração do comitê editorial do periódico é indispensável preencher os seguintes requisitos:

1. Os manuscritos devem ser inéditos e não ter sido publicados ou submetidos a consideração a quaisquer jornal técnico-científicas (exceto quando tenham sido publicados como dissertações ou teses de pós-graduação ou como resumos de congressos). Enviar simultaneamente o mesmo artigo a consideração a uma ou mais jornais é uma falta grave à ética acadêmica.
2. Os autores transferem os direitos de publicação à revista, tanto na sua versão impressa como *on line*, incluindo nesta última as diferentes bases de dados nas quais se encontre indexado o periódico.
3. A publicação do artigo deve ter sido aprovada por todos os coautores (se houver) e pelas autoridades responsáveis da instituição onde foi realizada a pesquisa. Para isso, é obrigatório o preenchimento e envio junto com o manuscrito das formas: “Formato de información personal autor” e “Formato de Autorización para Publicación” ou preencher a informação pela página online da revista. O autor para correspondência é responsável por todas as informações solicitadas pela revista e deve garantir que o artigo tenha todas as aprovações institucionais necessárias.
4. O documento deve preencher totalmente as instruções para autores estabelecidas pelo comitê editorial descritas no presente documento, que podem também ser consultadas na página de internet <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. Os artigos que não se ajustem a estas instruções serão devolvidos aos autores sem serem considerados para avaliação.
5. Após o manuscrito ser aceito para publicação, é condição para publicação que os autores agilizem a correção e diagramação do manuscrito nos prazos estipulados pela Revista. Todas as dúvidas sobre a publicação de manuscritos devem ser encaminhadas para o e-mail rev_fmfvbzog@unal.edu.co
6. Os autores devem revisar cuidadosamente a lista e a ordem dos autores antes de enviar seu manuscrito e antes de enviar o “Formato de Autorización para Publicación”. Não será aceito acréscimo ou exclusão de autores, exceto nos casos em que seja demonstrada uma justificativa legal ou ética aplicável e somente se aprovado pelo Editor da Revista.

TIPOS DE CONTRIBUIÇÃO

A revista aceita os seguintes tipos de contribuições originais:

- **Artigo científico:** artigo científico original que apresente resultados de pesquisas regidas pelo método científico. Tipicamente consta das seguintes seções: resumo, introdução, metodologia (materiais e métodos), resultados e discussão (apresentados em seções individuais ou em uma única seção) e conclusões.
- **Relato de caso:** relato de um caso clínico de relevância seja por seu ineditismo no seu contexto específico ou pelas suas características particulares que o fazem de interesse para a comunidade científica para sua publicação. Deve conter, no mínimo, as seguintes seções: resumo, introdução, descrição do caso (que envolve a respectiva discussão) e conclusão ou perspectivas. O

formato geral do texto, ilustrações e referências devem seguir os mesmos padrões exigidos para artigos de pesquisa.

- **Artigo de revisão:** revisão crítica de um tema específico desde uma perspectiva analítica, interpretativa e crítica do autor, que recorre sempre a fontes originais. Para este tipo de manuscrito, dentro da lista de autores, pelo menos um autor deve ter experiência de pesquisa no assunto ou área do que trata o artigo. Idealmente, uma revisão deve apresentar um resumo crítico das pesquisas realizadas até o momento e propor novos tópicos de investigação. Deve conter, no mínimo, as seguintes seções: resumo, introdução, metodologia, desenvolvimento do tema e conclusões. Recomenda-se que o desenvolvimento do tópico contenha subseções que apresentem as ideias de forma ordenada. O texto deve ser corretamente citado e deve conter as opiniões ou reflexões dos autores que têm experiência no assunto como contribuição ao manuscrito. Além de passar pelo mesmo nível rigoroso de revisão científica por pares que os artigos de pesquisa, os artigos de revisão serão criticados com base no impacto geral e a relevância do tema que está sendo revisado, as revisões pré-existentes do tema e o reconhecimento de pelo menos um dos autores como figura significativa na área. O formato geral do texto, ilustrações e referências devem seguir os mesmos padrões exigidos para artigos de pesquisa. Os artigos de revisão serão publicados na ordem de aceitação pela revista e será publicado no máximo 1 artigo de revisão por número. Isso implica que a revista publicará no máximo 3 artigos de revisão por ano.

ENVIO DE MANUSCRITOS

As contribuições devem ser enviadas pela plataforma da revista na página: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez>. O autor para correspondência deve se cadastrar previamente com nome de usuário e senha para poder acessar e fazer upload dos arquivos do manuscrito e das informações dos coautores <https://drive.google.com/file/d/1cg5azlC16mwxEJ6iThVzeu7Ky8SVviM/view>

Todos os autores devem ter o identificador ORCID no momento de inserir seus dados na plataforma. O registro do ORCID não tem valor associado. Para gerar o ORCID você pode entrar no seguinte link: <https://orcid.org/register>

Juntamente com o manuscrito, devem ser anexados as formas “Formato datos personales autores” (um por autor) https://docs.google.com/document/d/1rlyLeUJkvsps_kDg5dzBmC-COpKQukZn/edit ou declarar a informação na página online da revista e a forma “Formato Autorización de Publicación”, os quais devem ser assinados por todos os autores. Os formatos podem ser baixados no seguinte link: <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLfe7WvSrb6snh4cL/edit>

Formato

O texto do artigo deve enviar-se em MS-Word, sem incluir tabelas nem figuras, as quais devem apresentar-se em arquivos separados. Recomenda-se que o texto não tenha mais que 25 páginas em tamanho carta incluindo referências, numeradas consecutivamente no lado inferior direito, com margens de 2,5 cm por cada lado, em espaço duplo, com fonte Times New Roman, tamanho 12, e cada linha do documento deverá estar numerada de forma contínua.

As tabelas e figuras (fotos, gráficos, desenhos, esquemas, diagramas de fluxo, diagramas de frequência, etc.) deverão numerar-se consecutivamente em números arábicos, e enviar-se inseridas em arquivo MS-Word com os arquivos originais (por exemplo, jpg ou excel), conforme o programa em que foram elaboradas. Todas as tabelas e figuras devem ser referenciadas no texto e devem ter as fontes de consulta, caso corresponda.

Página inicial com título, nome e afiliação dos autores

O título do artigo se deve apresentar numa página separada do resto do manuscrito, deve ser em espanhol ou português (opcional dependendo da língua do manuscrito) e inglês (obrigatório), em negrito e centralizado. Se tiver nomes científicos deverá usar a nomenclatura indicada anteriormente (sistema binomial). Quando aplicável, o título deve informar a espécie animal a que o manuscrito faz referência. Embaixo do título se escrevem os nomes e sobrenomes dos autores da seguinte maneira: iniciais dos nomes (com ponto), seguidos do primeiro sobrenome completo, sem títulos acadêmicos nem cargos institucionais e separando cada autor com vírgula. O autor para correspondência deve identificar-se com um asterisco. Como pé de página deve indicar-se a origem institucional de cada autor incluindo endereço, cidade e país, e endereço de correio eletrônico do autor para correspondência.

Manuscrito

Deve conter o título do manuscrito em espanhol (ou português) e em inglês (obrigatório), em negrito e centralizado **sem o nome dos autores ou afiliações**. Além disso, o manuscrito deve conter as seguintes seções em ordem:

Resumo e palavras-chave

Os artigos devem incluir um resumo em espanhol (ou português) e um em inglês, de no máximo 250 palavras. O resumo deve registrar brevemente todas as partes do documento: os propósitos do estudo ou pesquisa, materiais e métodos (seleção dos sujeitos do estudo ou animais de laboratório; métodos de observação e de análise), resultados e discussão (registrando informação específica ou dados e sua significação estatístico sempre que for possível), e as conclusões principais. Deverão destacar-se as observações e aspectos mais novos e relevantes do estudo.

As palavras-chave (máximo cinco) são termos para indexação do artigo nas bases de dados e os termos de busca de Internet. Estas devem identificar o conteúdo do artigo e devem colocar-se depois do resumo em seu correspondente idioma. Para selecionar as palavras-chave do documento, sugere-se consultar e usar os descritores do Tesouro agrícola multilíngue Agrovoc, criado pela FAO, que abrange terminologia da agricultura, silvicultura, pesca, meio-ambiente e temas afins <http://www.fao.org/agrovoc/es> ou os descritores em Ciências da Saúde <https://decs.bvsalud.org/E/homepagee.htm> e <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh>. Estas ferramentas permitem selecionar as palavras-chave adequadas para que o artigo seja difundido de forma mais efetiva na Internet.

Introdução

Deve apresentar uma breve revisão dos trabalhos prévios relacionados com o tema por investigar e finalizar com a justificação e os objetivos da pesquisa. A introdução não deve incluir dados ou conclusões do trabalho que se está submetendo.

Materiais e métodos

Nesta seção devem descrever-se de forma clara, concisa e sequencial, os materiais (vegetais, animais, implementos de laboratório) utilizados no desenvolvimento do trabalho, além dos procedimentos ou protocolos seguidos e do desenho experimental escolhido para o tratamento estatístico dos dados. A informação aqui registrada deve permitir a outros pesquisadores reproduzir o experimento de forma detalhada. Esta parte pode ter subtítulos e não deve incluir nenhum resultado nem discussão dos achados.

A seção de materiais e métodos deve incluir a declaração de aprovação do estudo ou pesquisa por um comitê de ética para experimentação com animais ao qual o projeto ou pesquisa foi submetido antes da sua execução. Indique o nome do comitê de ética, data, número do certificado de aprovação.

Resultados e discussão

Nesta seção devem descrever-se os resultados em ordem lógica e de forma objetiva e sequencial, apoiando-se nas tabelas e figuras.

Esta parte pode também incluir subtítulos e não deve discutir os dados apresentados.

A discussão deve ser uma síntese da confrontação dos dados obtidos no estudo com relação à literatura científica relevante que ademais interprete as similaridades ou os contrastes encontrados. Deverá focar visando a interpretação dos achados experimentais e não repetirá os dados apresentados na introdução nem a informação apresentada nos resultados. Os resultados e discussão devem ser apresentados na mesma sessão de forma ordenada, discutindo cada resultado após a sua apresentação.

Conclusões

Nesta seção se relacionam os achados mais relevantes da pesquisa, isto é, aqueles que constituam um aporte significativo para o avanço do campo temático explorado, além de considerar um direcionamento sobre futuras investigações.

Conflito de interesses

Eles ocorrem quando pode ser razoavelmente percebido que questões fora da investigação afetam a neutralidade ou objetividade do trabalho ou de sua avaliação. Os autores devem declarar que não possuem qualquer relação de interesse comercial ou pessoal no âmbito da pesquisa que motivou a produção do manuscrito submetido. O autor para correspondência é responsável pela revisão e declaração dos coautores de que não há conflito de interesses.

Fontes de financiamento

Devem ser descritos os tipos de apoios recebidos, como financiamentos, patrocínios, bolsas de estudo ou fornecimento de equipamentos, entre outros. Por exemplo: "Este trabalho foi apoiado pelo Conselho de Pesquisa em Ciências Naturais [número do projeto xxxx, yyyy]."

Agradecimentos

Se necessário, podem ser feitos agradecimentos por contribuições importantes quanto à concepção, financiamento ou realização da investigação: financiadores, especialistas, firmas comerciais, entidades oficiais ou privadas, associações de profissionais e colaboradores de campo e de laboratório.

Referências

A citação de referências bibliográficas que sustentam frases dentro do texto deve seguir as normas de estilo do *Council of Science Editors* (CSE) algumas das quais se ilustram a continuação: dentro do texto se usará o sistema "autor(es) ano" se for um ou dois autores: (Jiménez 2009), (Pineda e Rodríguez 2010); se a publicação citada tiver três ou mais autores, cita-se o sobrenome do primeiro autor acompanhado da expressão latina *et al.*: (Bernard *et al.* 2003). Se forem citadas várias referências seguidas, deverão organizar-se em ordem alfabética, separadas por ponto e vírgula (;) exemplo: (Hänsel e Gretel 1990; Hergé *et al.* 1983). Se o autor ou autores são citados diretamente no texto utiliza-se a mesma notação com o ano entre parênteses: Exemplo: Wagner (1982) encontrou que a água é vida, enquanto que Vivaldi e Pergolesi (1988) afirmam o contrário. As referências bibliográficas completas devem ir ao final do artigo em ordem alfabética de autores; se na lista de referências são citadas várias publicações do mesmo autor ou autores listam-se em ordem cronológica desde a mais antiga até a mais recente. Todas as referências a artigos científicos devem ter o "Digital Object Identifier" (DOI) indicado ao final, caso o artigo tenha sido atribuído por uma revista.

As contribuições que não preencham as normas de estilo bibliográfico serão devolvidas sem serem consideradas para avaliação. O uso de outras fontes de informação como teses, pós-graduação ou memórias de eventos não é recomendado. Os autores são encorajados a usar como fonte de consulta os documentos que estão em bancos de dados indexados e de preferência que tenham DOI atribuído.

Para obter mais exemplos sobre o sistema de citação do *Council of Science Editors* (CSE): <http://www.scientificstyleandformat.org/Tools/SSF-Citation-Quick-Guide.html>

• Livros

Gilman AG, Rall TW, Nies AS, Taylor P. 1990. The Pharmacological Basis of Therapeutics. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.

• Capítulos de livro

Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. In: Leeson S, Summers JD editores. Scott's Nutrition of the Chicken. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.

• E-Book

Rollin, BE. 1998. The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science [Internet]. Ames (IA): Iowa State University Press; [Citado 2008 agosto 9]. Disponível em: <http://www.netlibrary.com>.

• Artigo de revista

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. Avian Pathology 39:405-409. Doi: 10.1080/03079457.2010.510500.

Nota: devem ser registradas as iniciais de todos os nomes dos autores. Pará abreviaturas nome revistas:

<http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISlabbr/>

• Artigo de revista ou informação publicada eletrônica

Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA supercoiling to transcription in defined protein systems. J Biol Chem [Internet]. [Citado 2007 Jul. 24]; 279(46):47564-47571. Disponível em: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/279/46/47564>.

Paswan VK, Sahoo A. 2010. Rumen metabolites and enzymatic profiles in crossbred cattle bulls fed on high and low levels of tanniniferous oak (*Quercus incana*) leaves. Livestock Research for Rural Development [Internet]. [Citado 2011 Mar. 22]; 22(11). Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd22/11/pasw22207.htm>

Tabelas

- Devem ser evitadas tabelas muito grandes. Se existirem muitos dados em uma tabela, recomenda-se dividi-la em duas ou mais.
- Cada tabela deve ter um título curto e explicativo na parte superior, sem abreviaturas.
- Não devem ser usadas linhas verticais para separar as colunas devendo, portanto, existir suficiente espaço entre elas.
- Qualquer explicação essencial para entender a tabela deve apresentar-se como uma nota na parte inferior desta.
- Os cabeçalhos de coluna devem ser breves, mas suficientemente explicativos.
- Cada tabela deve ter sido referenciada no texto.
- Todas as tabelas devem indicar a fonte das informações, caso a fonte não seja declarada, presume-se que sejam o resultado do trabalho que está sendo publicado.

Figuras

- Os gráficos devem ser feitos em apenas uma cor com proporções de preto para as variações das colunas. As linhas das curvas devem ser na cor preta, pontilhadas ou contínuas usando as seguintes convenções: ▲, ■, ●, ◆, ◇, ○, □, △
- Em caso de fotografias ou mapas (originais ou escaneados) devem enviar-se em arquivos independentes, em formato tif ou jpg com mínimo 600 dpi de resolução e, adicionalmente, dentro de um arquivo MS-Word no qual seja incluído o título (curto e explicativo) na parte inferior.
- Da mesma forma que nas tabelas, devem numerar-se com números arábicos em forma consecutiva, e deve ser feita referência no texto a cada uma das figuras apresentadas.
- Cada figura deve ter um título curto e explicativo na parte superior, sem abreviaturas
- Todas as figuras devem indicar a fonte da informação, caso a fonte não seja declarada, presume-se que sejam o resultado do trabalho que está sendo publicado.

Nomenclatura

- As unidades devem expressar-se conforme o Sistema Métrico Decimal (SI).

- Os autores aceitarão as normas colombianas, bem como a vigente pelo International *Code of Botanical Nomenclature*, o *International Code of Nomenclature of Bacteria*, e o *International Code of Zoological Nomenclature*.
- Toda a biota (cultivos, plantas, insetos, aves, mamíferos, peixes, etc.) deve estar identificada em nomenclatura binomial (nome científico), exceto os animais domésticos comuns.
- Todos os medicamentos, biocidas e demais substâncias de uso comercial devem apresentar o nome de seu princípio ativo principal ou o nome genérico.
- Para a nomenclatura química serão usadas as convenções determinadas pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* bem como pela *Comission on Biochemical Nomenclature*.

NORMAS DE ESTILO

- Deve ser redigido em voz passiva (avaliaram-se duas metodologias, e não: duas metodologias foram avaliadas) e em forma impessoal, isto é, terceira pessoa do singular (se encontrou, e não: encontrei ou encontramos).
- Quanto aos tempos verbais, o uso comum é o passado para a introdução, procedimentos e resultados, e o presente para a discussão.
- Em geral, recomenda-se evitar o uso do gerúndio. Fazer uso desta forma verbal apenas para indicar duas ações simultâneas; nos demais casos, redigir diferente a frase (substituir: um protocolo foi estabelecido, minimizando o efeito negativo..., por: se estabeleceu um protocolo com o qual foi minimizado o efeito negativo...).
- As letras itálicas são usadas para os nomes científicos (sistema binomial) e palavras ou expressões em idioma estrangeiro.
- O significado das siglas e abreviaturas deve explicar-se quando se mencionam pela primeira vez no texto. Posteriormente, se deve usar apenas a sigla ou abreviatura.
- As siglas não têm forma plural; esta é indicada nas palavras que as acompanham: as ONG, os ELISA.
- As abreviaturas do SI não devem ir com ponto, em plural ou em maiúscula: 1 kg, 25 g, 10 cm, 30 m, etc. Consulte o SI em: <https://bit.ly/3n5W8Qp>
- Entre o valor numérico e o símbolo deve ir um espaço: 35 g (não 35g), $p > 12$ (não $p>12$); exceto para os sinais: %, +, - (os dois últimos quando indicam positivo e negativo). Exemplos: 99%, +45, -37.
- Em uma série de medidas, o símbolo vai ao final: fileiras a 3, 6 e 9 m, ou 14, 16 e 18%.
- A barra oblíqua (/) é um sinal linguístico que entre seus usos significa "por": três cães/gaiola, 4 pastilhas/dia, 2 l/recipiente, 10 frutos/galho. Um dos seus usos não linguísticos é expressar os quocientes de magnitudes e unidades de medida: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.
- Um dos usos não linguísticos do ponto (.) é indicar a multiplicação de duas quantidades, caso no qual se coloca separado delas e a meia altura: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.
- O ponto (.) se usa para separar os milhares e a vírgula (,) se usa para separar decimais.
- As unidades baseadas em nomes se usam em minúsculas: um siemens (com algumas exceções como quando o símbolo deriva de um nome próprio: °C, graus Celsius).

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Autoria. Considera-se autor àquela pessoa que tenha realizado uma contribuição direta e substancial no conteúdo do manuscrito. Esta contribuição deve incluir sua participação em aspectos como a concepção do ensaio e do desenho experimental, a obtenção dos dados de campo, a análise dos dados e a interpretação dos resultados, a aplicação do modelo estatístico apropriado, a redação do manuscrito e a pesquisa bibliográfica associada, validação, redação, revisão e edição de dados. Cada autor deverá estar em capacidade de explicar sua participação direta na publicação e de sustentar o

seu conteúdo junto ao Comitê Editorial, caso seja requerido. A declaração da contribuição de cada autor no manuscrito deve ser declarada no documento denominado "Formato de informação do autor" ou na página online. Não será aceito acréscimo ou exclusão de autores, exceto nos casos em que seja demonstrada uma justificativa legal ou ética aplicável e somente se aprovado pelo Editor da Revista. A inclusão de autores honorários (contribuição autoral imprópria) é considerado um comportamento não ético.

Aprovação do comitê de ética:

Todas as pesquisas que utilizem animais em sua experimentação, devem declarar no manuscrito, na seção de materiais e métodos, a aprovação de um Comitê de Ética para experimentação com animais (nome do comitê de ética, ata e data de aprovação) do estudo realizado.

Submissão de manuscritos. Os documentos submetidos para avaliação e possível publicação não deverão ser apresentados simultaneamente a outra revista (ou revistas). Isto invalida sua originalidade e compromete os direitos sobre sua publicação.

Integridade da pesquisa. A fabricação ou falsificação de resultados através da manipulação de equipamentos, materiais ou processos de pesquisa, a mudança ou omissão de dados e resultados, o plágio (menção dos resultados próprios ou de outros sem fazer o devido esclarecimento conforme as normas de citação bibliográfica) ou a publicação fragmentada (submeter fragmentos de uma pesquisa na forma de artigos independentes), são comportamentos não éticos e inaceitáveis.

Conflito de interesses. Os autores deverão declarar não ter relações de interesse comercial ou pessoal dentro do marco da pesquisa que levou à produção do manuscrito submetido.

Reconhecimentos. Devem ser descritos os tipos de apoio recebido tais como financiamento, patrocínios, bolsas ou fornecimento de equipamentos, entre outros.

Avaliação de artigos. Os avaliadores só aceitarão revisar artigos manuscritos cujo tema seja de seu completo domínio. Espera-se uma opinião objetiva do ponto de vista acadêmico e científico, desprovida de condicionamentos pessoais. Durante todo o processo, o avaliador conservará a confidencialidade total do conteúdo do manuscrito e não deverá transferir a responsabilidade designada a um terceiro (copesquisador, estudante de pós-graduação ou outros). Se durante o período de revisão o avaliador considera que tem qualquer impedimento de tipo ético ou conflito de interesses deverá interromper a avaliação e assim comunicar ao Comitê Editorial.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO ACADEMICA:

Todos os manuscritos submetidos à revista devem obedecer aos padrões de apresentação, estilo e citação da revista descritos neste documento "Instruções aos autores". Caso contrário, os documentos serão retornados e o processo de designação dos avaliadores acadêmicos será adiado até que os autores tenham feito a adequação pertinente.

Em uma primeira instância, os manuscritos submetidos serão revisados pelo editor da revista para determinar se o manuscrito enquadra na área temática da revista, em caso afirmativo, o trabalho e envio a pares acadêmicos será aprovado na modalidade duplo-cego com pelo menos dois avaliadores por manuscrito; caso contrário, será enviado um e-mail aos autores indicando que o artigo não foi aceito para dar continuidade ao processo de avaliação por pares acadêmicos.

A avaliação por pares acadêmicos procurará identificar as contribuições para a inovação científica, tecnológica ou pedagógica das propostas respeito ao estado atual de conhecimento da disciplina; os avaliadores devem emitir um conceito de aprovação, modificação ou reprovação e, em caso de conceito dividido pelos avaliadores, o manuscrito será enviado a um terceiro avaliador especialista na área para definir se o manuscrito é aceito ou rejeitado. O Comitê Editorial ou o editor-chefe podem recomendar ou negar a publicação do manuscrito, ou solicitar a correção de sua forma ou conteúdo.

Os critérios considerados durante a avaliação serão:

- Conformidade com as regras de estilo do jornal
- Relevância do conteúdo: os textos devem abordar as questões que sejam relevantes, direta ou indiretamente, para a compreensão de qualquer uma das disciplinas da saúde e produção animal.
- Originalidade, novidade, relevância do tema.
- Qualidade científica: Devem ser utilizadas metodologias adequadas ao tema estudado, que sejam compreensíveis e passíveis de reprodução.
- Rigor de argumentação: as obras devem ter um pensamento formal coerente e lógico.
- Coerência metodológica: concordância entre a definição do problema, os objetivos, os resultados e as interpretações.
- Clareza conceitual: correspondência entre termos científicos ou técnicos utilizados na finalidade temática.

Se os artigos forem aceitos para publicação, os autores devem corrigi-los de acordo com as observações dos avaliadores e/ou do comitê editorial no tempo previsto para isso. As observações que não forem aceitas pelos autores deverão ter um suporte adequado e enviadas em documento anexo ao manuscrito corrigido indicando a página e o número da linha a que faz referência, essas alterações e esclarecimentos serão avaliados pelo editor correspondente. O editor e o comitê editorial reservam-se o direito de rejeitar ou aceitar materiais submetidos para publicação.

Ética no processo de publicação

Os Editores comprometem-se a identificar e prevenir a publicação de artigos nos quais tenha ocorrido má conduta de pesquisa. Será considerado falta de ética grave se o editor autorizar a publicação de artigos em que fosse identificada situação de má conduta. Portanto, os Editores utilizarão as ferramentas disponíveis para identificar esse tipo de situação, incluindo a aplicação de um software desenvolvido para identificar plágio em cada manuscrito recebido. O Comitê Editorial rejeitará imediatamente qualquer manuscrito que tenha sido identificado como envolvido em algum tipo de má conduta científica, reportando a evidência correspondente aos autores. Em qualquer caso, o autor deve ter a oportunidade de responder a qualquer reclamação.

Os Editores da revista zelarão pelo cumprimento das boas práticas editoriais descritas nesta declaração. É um compromisso institucional que envolve não só a própria revista, mas também o nome e prestígio da "Universidade Nacional da Colômbia" como editora. Quando necessário, os Editores publicarão correções, esclarecimentos, retratações e desculpas.

DIREITOS AUTORAIS:

Os autores que possuem publicações com a Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, aceitam os seguintes termos:

- a) Os autores manterão seus direitos autorais e de publicação e garantirão à revista o direito de primeira publicação de seu trabalho, que estará simultaneamente sujeito à Licença de Reconhecimento Creative Commons que permite que terceiros compartilhem a obra desde que seu autor e seu primeiro publicação são indicados nesta revista.
- b) Os autores podem adotar outros contratos de licença não exclusivos para a distribuição da versão da obra publicada (ex: depositar em arquivo telemático institucional ou publicá-la em volume monográfico) desde que a publicação seja indicada como inicial nesta revista.
- c) Os autores estão autorizados e recomendados a divulgar seus trabalhos pela Internet (ex: em arquivos telemáticos institucionais ou em seu site), o que pode levar a trocas interessantes e aumentar as citações dos trabalhos publicados. (Veja O efeito do acesso aberto).
- d) As tabelas e figuras que não indicam a fonte da informação na parte inferior são consideradas resultados do estudo que está sendo publicado, ou seja, são elaboradas pelos autores

do manuscrito com base na informação obtida e processada na pesquisa, relato de caso, etc.

AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO E ACORDO EDITORIAL

Uma vez submetidos os manuscritos, os autores conferem à direção editorial da Revista de la Facultad de Medicina Veterinária y de Zootecnia na sua versão impressa (ISSN 0120-2952) e na sua versão online (ISSN 2357-3813) a autorização para a sua publicação de acordo com os critérios estabelecidos no “Formato de Autorización para Publicación” que todos os autores devem assinar. <https://docs.google.com/document/d/1apRmyPDatYndCndLfe7WvSrb6snh4cL/edit>

DECLARAÇÃO DE PRIVACIDADE E POLÍTICA DE PROCESSAMENTO DE DADOS PESSOAIS

As informações e dados pessoais solicitados no processo editorial serão utilizados exclusivamente para os próprios fins da revista, como os processos de indexação em Publindex (Minciencias-Colômbia) e não estarão disponíveis para nenhum outro fim nem pessoa. Os dados pessoais serão tratados de acordo com a Política de Processamento de Dados da Universidad Nacional de Colombia. Para mais informações consulte o seguinte link: <https://unal.edu.co/tratamiento-de-datos-personales.html>



Revista de la
Facultad de **Medicina Veterinaria**
y de **Zootecnia**

© Universidad Nacional de Colombia, 2022