

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

ISSN-L: 0120-2952

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN, REPORTES DE CASO Y REVISIÓN

VOL. **70** N.º **3**
SEPTIEMBRE-DICIEMBRE
DE 2023



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



Artículos de Investigación, Reportes de Caso y Revisión

Volumen 70 n.º 3, septiembre-diciembre de 2023

© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA

Vol. 70 n.º 3, septiembre-diciembre de 2023

ISSN-enlace (ISSN-L): 0120-2952

ISSN en línea: 2357-3813

DOI: 10.15446/rfmvz (CrossRef)

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

Correo electrónico: rev_fmzbog@unal.edu.co

Teléfono: (601) 3165000 Ext.19473

Bogotá, D. C., Colombia

DECANA

Lucía Botero Espinosa

VICEDECANA

Gloria Amparo Casas Bedoya

DIRECTORA DE BIENESTAR

Myriam Acero Aguilar

DIRECTORA DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL

Claudia Isabel Brieve Rico

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Miguel Ángel Landines Parra

DIRECTORA DE PROGRAMA DE POSGRADO

Ligia Mercedes Jiménez Robayo

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Jorge Luis Zambrano Varón

REPRESENTANTE DE LOS PROFESORES

Giovanni Vargas Hernández

SECRETARIO ACADÉMICO

Juan Sebastián Mora Cárdenas

EDITOR GENERAL

William Frend Osorio Zambrano, Universidad Nacional de Colombia. wfosorioz@unal.edu.co

COMITÉ CIENTÍFICO Y EDITORIAL:

Benjamin M. Bohrer. Ph. D. The Ohio State University. Estados Unidos. bohrer.13@osu.edu

Alexandra Calle Madrid. Ph. D. Texas Tech University. Estados Unidos. alexandra.calle@ttu.edu

Aroa Suárez Vega. Ph. D. Universidad de Leon. España. asuav@unileon.es

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

México. cordero@ciad.mx

Hans Henrik Stein. Ph. D. University of Illinois. Estados Unidos. hstein@illinois.edu

Isabel Gómez-Redondo. Ph. D. GlaxoSmithKline. España. igomer00@gmail.com

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

lizandra.amoroso@unesp.br

César Agustín Corzo Rugeles. Ph. D. University of Minnesota. Estados Unidos.

corzo@umn.edu

Martha Olivera Ángel. Ph. D. Universidad de Antioquia. Colombia. martha.olivera@udea.edu.co

Silvia Martha Feijóo. Especialista en Clínica Médica de Pequeños Animales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Águida Aparecida de Oliveira. Ph.D. Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro. Brasil.

aguidaoliveira@gmail.com

Jerri Teixeira Zanusso. Ph.D. Universidad Federal de Pelotas. Brasil. jerri.zanusso@ufpel.edu.br

COORDINADOR (A) EDITORIAL:

Luz Grass Bernal. I. A. rev_fmzbog@unal.edu.co

ESTUDIANTE AUXILIAR

Daniela Blanco Daza. dblancod@unal.edu.co

ESTUDIANTE DE APOYO EDITORIAL

Fabián Danilo López Valbuena. MV. fdlopezv@unal.edu.co

CORRECCIÓN DE ESTILO

Lina Rojas Camargo. linarojascamargo@gmail.com

MAQUETACIÓN

Julían Hernández–Taller de diseño. director@julianhernandez.co

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.



Esta obra es publicada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

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/>

EBSCO

EBSCO Essentials

Rev Med Vet Zoot. 70(3)

Contenido

Política editorial

Editorial

Innovación e impacto de la publicación continua

*Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia,
Sede Bogotá. Equipo Editorial y Semillero de Patología y Medicina Molecular.*

Artículos de investigación

Salud animal

Evaluación y detección bioinformática de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa

[Evaluation and bioinformatic detection of terpenoids with inhibitory potential of viral protein 1 (VP1) of infectious bursitis virus]

C. D. J. Arce y E. Gayozo

e106011

Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador

[Determination of congenital brain lesions in dogs using magnetic resonance imaging in Quito, Ecuador]

S. G. Parra Guayasamín, M. V. Estrella-Silva e I. R. Gonzales-Puetate.

e106892

Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala

[Antibióticos de uso veterinario registrados en Guatemala]

*D. Medina-Arellano, D. E. Chang, D. Mejía-Recinos, A. Arango-Gramajo, L. Cuetto,
J. Martínez-Ocampo y N. Steffès*

e107955

Producción animal

Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos

[Carbon storage in soils used for pasture in high-andean dairy production systems]

D. A. Abril, J. R. Mora y G. L. Martínez

e106045

Artículo de revisión

Salud animal

Ciclo estral de *Alouatta palliata* y *Alouatta seniculus*: una revisión

[*Alouatta palliata* and *Alouatta seniculus* oestrus: a review]

*A. Contreras-Ibarra, C. Jiménez-Escobar, N. I. Tovio-Luna, J. Sepúlveda-Heredia y
M. P. Urián-Ávila*

e107133

Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos:
revisión de la literatura

[Indications for morphological evaluation of bone marrow in canines and felines:
literature review]

*I. J. Roldán–Carvajal, P. E. Jaramillo–Arbeláez, D. A. Velásquez y J. D. Muñoz–
Duque*

e107686

Producción animal

Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura
[Key factors and trends in aquaponic systems: literature review]

A. A. Cifuentes, A. K. Leguizamón, J. A. Zambrano y M. A. Landines

e107673

Reportes de caso

Salud animal

Corrección quirúrgica de ruptura traumática total de uretra membranosa en un
canino: reporte de caso

[Surgical correction of traumatic total urethral rupture in a canine]

L.N. Pedraza Castillo y A.I Roque Rodriguez

e107956

Instrucciones para los autores y consideraciones éticas

Instructions for authors and ethical considerations

Instrucoes aos autores e consideracoes eticas

Índice de autores de la Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

INDEXACIÓN:

La REVISTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTEKNIA 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
- Ebsco Essentials

Nuestros contenidos Open-Acces se pueden consultar y bajar en:
www.revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/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 del área de mayor antigüedad. Desde su creación su objetivo ha sido ofrecer un medio escrito de expresión para toda la comunidad académica interna y externa, en el cual exponer sus ideas, resultados de investigación, ensayos etc., en relación con el quehacer científico en el área de las Ciencias Animales y otras afines. Su filosofía ha sido 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, permitiendo la difusión del conocimiento entre profesionales de las áreas pecuarias; siempre en la búsqueda de información pertinente y actualizada de temas relacionados con el sector y propendiendo a obtener reconocimiento en la comunidad en general, editando una revista que permita la interacción de la academia con el medio.

Periodicidad: Publicación continua (3 números por año).

Arbitraje:

Los manuscritos y propuestas de publicación serán evaluados por medio de criterios explícitos, según el tipo de material, por pares académicos externos 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 pares académicos externos deben emitir un concepto de aprobación, modificación o reprobación y en caso de un concepto dividido será el Comité Editorial quien determine la decisión final. 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: concordancia entre el planteamiento del problema, los objetivos, resultados e interpretaciones.
 - Claridad conceptual: correspondencia entre términos científicos o técnicos empleados en la finalidad temática.
-

Innovación e impacto de la publicación continua

En un mundo en constante transformación, donde la información fluye en tiempo real y la necesidad de acceder al conocimiento de manera inmediata es imperativa, la publicación continua emerge como un faro de innovación en el ámbito científico. En esta nota editorial, celebramos el inicio de la publicación continua de la *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* de la Universidad Nacional de Colombia, un modelo que redefine la manera en que compartimos información científica.

La publicación continua trasciende la simple modificación en la forma de publicar contenido, ya que representa un firme compromiso con la agilidad, la accesibilidad y la mejora constante. Nuestra Revista abraza este enfoque con el propósito de reducir el tiempo entre la aprobación de los artículos y su publicación. Este nuevo modelo beneficia a los autores, al permitirles que sus investigaciones lleguen de manera más rápida a la comunidad académica y al público en general, pues el periodo de exposición de sus trabajos es más extenso.

La evolución hacia la publicación continua también refleja nuestro compromiso con la mejora constante de los procesos editoriales. Por tanto, invertimos en recursos humanos y técnicos, adoptamos las últimas tecnologías y nos regimos por los más elevados principios éticos de la publicación científica para mantener la integridad de la Revista en un contexto moderno. Este cambio no solo marca un hito en la evolución de esta publicación, sino que también representa un desafío apasionante, teniendo en cuenta que las tecnologías de la información y la comunicación requieren una adaptación constante y una mentalidad abierta a la innovación. Por consiguiente, estamos comprometidos a abordar los desafíos tecnológicos y éticos planteados por la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes. Esto requiere la implementación de dinámicas ágiles respecto a producción, gestión, visibilidad e impacto del conocimiento, lo que implica un compromiso constante con la calidad y un proceso dinámico de mejora.

La publicación continua también trae consigo una reflexión sobre el papel de las revistas científicas en la sociedad actual, al no ser simplemente un medio de comunicación entre un reducido grupo de académicos en un área específica del conocimiento, sino una poderosa herramienta de transmisión de conocimiento científico con la responsabilidad social de llegar a una audiencia extensa, lo cual fomenta un debate amplio y un acceso abierto al conocimiento en un mundo cada vez más globalizado.

Este modelo, además de satisfacer las demandas de un mundo en constante cambio, refuerza nuestro compromiso con la excelencia, la ética y la difusión del conocimiento científico. En este sentido, buscamos modernizar nuestras estrategias de difusión, que incluyen la promoción en redes sociales y la colaboración con medios de comunicación, con el fin de crear mayor conciencia sobre la importancia de la investigación en estas áreas. Esperamos que esto se traduzca en un mayor impacto en la resolución de desafíos en la salud y la producción animal.

En resumen, la transición hacia la publicación continua y la modernización de nuestras estrategias de difusión son pasos esenciales para mantener a la *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* de la Universidad Nacional de

Colombia a la vanguardia de la investigación científica. Estos avances beneficiarán a la comunidad académica y a la sociedad en su conjunto. Les instamos a abrazar estos cambios y a trabajar juntos para asegurar un futuro promisorio para la publicación científica en nuestra Universidad.

Equipo Editorial y Semillero de Patología y Medicina Molecular
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

The innovation and influence of continuous publishing

In a rapidly changing world, where information flows in real-time and immediate access to knowledge is indispensable, continuous publication emerges as a beacon of innovation within the realm of science. In this editorial note, we celebrate the introduction of continuous publication in the *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science* at the National University of Colombia, a model that revolutionizes the way scientific knowledge is disseminated.

Continuous publishing extends beyond mere alterations in content publication; it embodies a steadfast commitment to agility, accessibility, and perpetual enhancement. Our Journal ardently embraces this approach with the intent of reducing the time between article approval and publication. This groundbreaking model is designed to benefit authors, enabling them to swiftly share their research with the academic community and the general public, while extending the visibility of their work.

The transition towards continuous publishing also mirrors our unwavering dedication to the ongoing refinement of editorial processes. To this end, we invest in both human and technical resources, incorporating the latest technologies, and upholding the highest ethical standards in scientific publishing to uphold the integrity of our Journal in a contemporary context. This transformation means not only a milestone in the evolution of the Journal, but also presents an exhilarating challenge. In light of the constant evolution in information and communication technologies, we remain committed to addressing the technological and ethical challenges posed by artificial intelligence and other emerging technologies. This requires the implementation of dynamic processes in the production, management, visibility, and impact of knowledge, all grounded in a steadfast commitment to quality and continuous improvement.

Continuous publication also prompts reflection on the role of scientific journals in current society. These are no longer merely channels of communication among a select group of academics within specific fields; they have evolved into powerful tools for disseminating scientific knowledge, bearing a profound social responsibility to reach a broader audience, stimulate extensive discourse, and facilitate open access to knowledge in an increasingly globalized world.

This model, in addition to meeting the demands of an ever-changing world, reinforces our dedication to excellence, ethics, and the dissemination of scientific knowledge. In this regard, we endeavor to modernize our dissemination strategies,

encompassing social network promotion and collaboration with media outlets to heighten awareness of the significance of research in these fields. We hope that this effort will translate into a more significant impact in addressing challenges related to animal health and production.

In summary, the transition to continuous publication and the modernization of our dissemination strategies represent essential strides in maintaining the *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science* at the National University of Colombia at the forefront of scientific research. These advancements will not only benefit the academic community but society as a whole. We earnestly invite you to embrace these changes and join us in ensuring a promising future for scientific publishing at our University.

Editorial Team and Pathology & Molecular Researcher Hotbed Team
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Evaluación y detección bioinformática de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa

C. D. J. Arce¹ , E. Gayozo^{2*} 

Recibido: 25/11/2022. Aprobado: 21/02/2023

RESUMEN

El virus de la bursitis infecciosa (IBDV) es el agente causal de la enfermedad de la bursa, la cual afecta principalmente a poblaciones avícolas jóvenes y genera un impacto económico negativo en la producción. La proteína viral (VP1) es una enzima con funciones clave para la replicación del genoma viral, por lo que puede ser considerada blanco para la búsqueda de compuestos con posibles actividades inhibitorias. El objetivo de esta investigación fue evaluar terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína VP1 del IBDV mediante herramientas de aproximaciones bioinformáticas. Se seleccionó un total de 52 terpenoides, cuyas propiedades farmacológicas, farmacocinéticas y tóxicas (ADME-Tox) se evaluaron. Las moléculas sin actividades tóxicas y con aptitudes farmacocinéticas fueron sometidas a pruebas exhaustivas de acoplamiento molecular con el sitio catalítico de la VP1 mediante el uso del algoritmo genético y de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno junto con el método de optimización local de gradientes. Los datos obtenidos revelaron que la Giberelina A1 presenta valores de energía libre de unión significativamente ($p < 0,05$) favorables ($\Delta G = -7,28 \pm 0,06$ kcal/mol; $K_{\text{dcalc}} = 8,62 \pm 0,99$ μM) en comparación con los sustratos rCTP y rGTP. El complejo Giberelina A1-VP1 presenta puentes de hidrógeno con los residuos Arg335 y Asp402, los cuales cumplen roles importantes en la actividad catalítica en la replicación viral. Estos hallazgos sugieren que el terpenoide Giberelina A1 puede ser considerado como compuesto candidato para estudios *in vitro* de inhibición de funciones de la VP1 e *in vivo* de actividades antivirales contra el virus de la bursitis infecciosa.

Palabras clave: bursitis, ARN polimerasa, terpenos, Gumboro.

Evaluation and bioinformatic detection of terpenoids with inhibitory potential of viral protein 1 (VP1) of infectious bursitis virus

ABSTRACT

Infectious bursitis virus (IBDV) is the infectious agent of bursal disease, which mainly affects young poultry populations, generating a negative economic impact on productions. The viral protein 1 (VP1) is an enzyme with important functions for the replication of the viral genome, so it could be considered as a target for searching compounds with possible inhibitory activities. The aim of this research was to evaluate terpenoids with

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología, San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, San Lorenzo, Paraguay.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: elviologo@gmail.com

inhibitory potential of the VP1 protein of IBDV using computational approximations tools. A total of 52 terpenoids were selected and evaluated for their pharmacological, pharmacokinetic and toxic properties (ADME-Tox). Molecules without toxic activities and with pharmacokinetic competences were subjected to extensive molecular docking tests with the catalytic site of VP1 using the genetic and Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno algorithms with a local gradient optimization method. Data obtained revealed that Gibberellin A1 exhibits significantly ($P < 0.05$) favorable binding free energy values ($\Delta G = -7.28 \pm 0.06$ kcal/mol; $K_{d,calc} = 8.62 \pm 0.99$ μ M) compared to rCTP and rGTP substrates. The Gibberellin A1-VP1 complex exhibits hydrogen bonds with residues Arg335 and Asp402, which play important roles in catalytic activity in viral replication. These findings suggest that the terpenoid Gibberellin A1 could be considered as a candidate compound for *in vitro* studies of inhibition of VP1 functions and *in vivo* antiviral activities against infectious bursitis virus.

Keywords: bursitis, RNA polymerase, terpenes, Gumboro.

INTRODUCCIÓN

El virus de la bursitis infecciosa (IBDV) es el agente causal de la enfermedad de Gumboro, una condición altamente contagiosa que afecta a las poblaciones avícolas jóvenes, lo cual genera un impacto económico negativo en la producción a nivel mundial debido a la alta tasa de morbilidad (100%) y de mortalidad de 20-30% (Sharma *et al.* 2000). Tanto los pollos de engorde como las gallinas ponedoras son susceptibles y son protegidas mediante vacunación. A pesar de que la mayoría de estas vacunas inducen respuestas contra el IBDV, el grado de protección contra la virulencia del IBDV es variable y puede ser subóptimo principalmente por variaciones antigénicas (Berg 2000). Debido a esto, los investigadores se enfocan en la búsqueda de nuevos métodos antivirales empleando blancos moleculares para poder combatir al avance del virus (Gayozo *et al.* 2022).

Uno de los blancos moleculares que se están empleando es la proteína VP1, una enzima viral encargada de la replicación del genoma viral y, por ende, vital en el ciclo replicativo del virus; esta proteína actúa como una ARN polimerasa dependiente de

ARN no canónica debido a su interacción con la VP3 para su activación y completo rendimiento (Garriga *et al.* 2007).

En la actualidad, la búsqueda y el diseño de nuevos fármacos se realizan en una primera fase mediante el uso de herramientas informáticas, las cuales requieren la utilización de grandes recursos computacionales con un alto grado de aproximación experimental para la optimización de las investigaciones principalmente en el tiempo y los reactivos implementados para el desarrollo de nuevos compuestos con potenciales farmacológicos que pueden ser utilizados en el tratamiento de numerosas afecciones humanas y animales (Poroikov 2020).

Las plantas son fuentes naturales de compuestos bioactivos con un sinnúmero de beneficios tanto para el ser humano como para los demás seres vivos (Saboon *et al.* 2019). Los terpenoides son fitoconstituyentes que presentan una gran diversidad estructural química y tienen numerosas propiedades biológicas importantes, entre las que se mencionan las actividades antivirales y antibacterianas *in vitro* (Angeh *et al.* 2006; Nosrati y Behbahani 2015),

por lo que son considerados candidatos para su estudio como posible antiviral de aplicación o uso veterinario.

El objetivo de esta investigación fue evaluar y detectar moléculas de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa mediante herramientas bioinformáticas y computacionales. Lo anterior para constatar qué tipos de terpenoides podrían presentar afinidades de interacción con el sitio activo de la proteína VP1 del virus de la bursitis infecciosa y también demostrar aptitudes farmacocinéticas-tóxicas óptimas para su consideración farmacológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó según el diagrama de flujo metodológico simplificado representado en la figura 1, para lo cual se

emplearon ordenadores con procesadores Intel® Core™ i3-7020U 2.30GHz, RAM de 16.00 Gb y sistema operativo Windows 10.

Caracterización de sitios drogables en la región catalítica de la proteína VP1

La búsqueda de sitios con perfiles drogables presentes en la región catalítica de la VP1 se llevó a cabo empleando la estructura de la proteína viral disponible en la base de datos Protein Data Bank (PDB: 2R70, 2R72). Para la detección computacional del sitio drogable en la región catalítica se utilizó la herramienta DoGSiteScorer (Volkamer *et al.* 2010). La caracterización del sitio identificado se realizó mediante la estimación del puntaje de drogabilidad, de descriptores dimensionales, de grupos funcionales y composición de residuos dicha región (Volkamer *et al.* 2012).

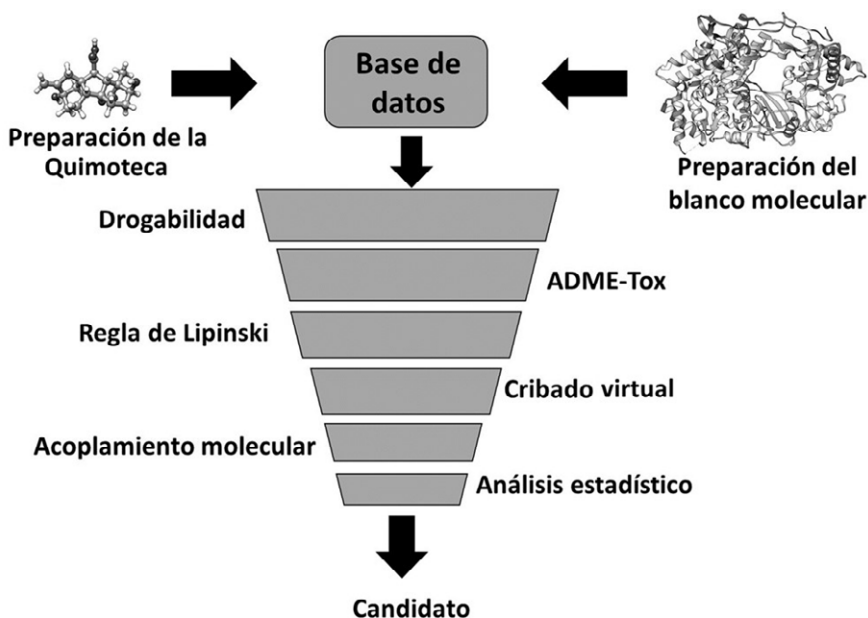


FIGURA 1. Diagrama del flujo metodológico empleado en este estudio.

Fuente: elaboración propia.

Pruebas de acoplamiento molecular entre terpenoides y la proteína VP1

La estructura proteica tridimensional de la VP1 del IBDV se obtuvo de la base de datos Protein Data Bank (PDB: 2R70).

La quimioteca de las estructuras químicas de los terpenoides se realizó mediante el uso de las descripciones de Ludwiczuk *et al.* (2017), que se obtuvieron de la base de datos PubChem (tabla 1).

TABLA 1. Predicciones de propiedades farmacocinéticas y tóxicas (ADME-Tox) de terpenoides evaluados

Parte 1											
Compuestos	Abs. GI	Inhibición					Toxicidad				
		CYP1A2	CYP2C19	CYP2C9	CYP2D6	CYP3A4	MU	CA	CY	HE	IMT
Mirceno†	Bajo	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Citra†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Linalool†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Limoneno	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Timol	Alto	Sí	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Mentol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Carvon†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Eucaliptol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
α-Tujon†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
α-Pineno	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Pineno	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Borneol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Alcanfor†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Farnesol	Alto	Sí	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Nerolidol	Alto	Sí	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Bisaboleno	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	A
α-Zingibereno	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
α-Humuleno	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Santalol	Alto	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Cariofileno	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	A
δ-Cadineno	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Artemisinina	Alto	Sí	No	No	No	No	I	I	I	I	A
Alantolactona	Alto	No	Sí	Sí	No	No	I	A	I	I	A

Compuestos	Abs. GI	Inhibición					Toxicidad				
		CYP1A2	CYP2C19	CYP2C9	CYP2D6	CYP3A4	MU	CA	CY	HE	IMT
Chamazuleno	Bajo	Sí	No	No	Sí	No	I	A	I	I	I
Nootkatona	Alto	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Khusimol	Alto	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	A
Tujopseno	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Cedrol	Alto	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Patchoulol	Alto	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Germacradienol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Eudesmanólidos	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I
Guaiane	Bajo	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	I	I

Abs. GI: Absorción Gastrointestinal, MU: Mutagenicidad, CA: Carcinogenicidad, CY: Citotoxicidad, HE: hepatotoxicidad, IMT: Inmunotoxicidad, I: Inactivo, A: Activo, † Compuestos seleccionados para pruebas exhaustivas.

Fuente: elaboración propia.

Parte 2

Compuestos	Abs. GI	Inhibición					Toxicidad				
		CYP1A2	CYP2C19	CYP2C9	CYP2D6	CYP3A4	MU	CA	CY	HE	IMT
Fitol	Bajo	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
α-Terpineol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Sclareol	Alto	No	No	No	Sí	No	I	I	I	I	I
Marrubiin	Alto	No	No	No	Sí	No	I	I	I	I	I
Salvinorina A	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	A
Ácido abiético	Alto	No	Sí	Sí	No	No	I	I	I	A	I
Ácido carnósico	Alto	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	A
Tanshinona I	Alto	Sí	Sí	No	No	Sí	I	I	I	I	I
Giberelina A1†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Steviol	Alto	No	No	Sí	No	No	A	I	I	A	A
Casbeno	Bajo	No	Sí	Si	No	No	I	I	I	I	I
Ginkgólido A	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	A
Nezukona	Alto	Sí	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Cetona de Artemisia	Alto	No	No	No	No	No	I	A	I	I	I

Compuestos	Abs. GI	Inhibición					Toxicidad				
		CYP1A2	CYP2C19	CYP2C9	CYP2D6	CYP3A4	MU	CA	CY	HE	IMT
Ácido crisantémico†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
Lavandulol†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
α-Ionona	Alto	No	No	Sí	No	No	I	I	I	I	I
β-Ionona†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
α-Damascona†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I
β-Damascona†	Alto	No	No	No	No	No	I	I	I	I	I

Abs. GI: Absorción Gastrointestinal, MU: Mutagenicidad, CA: Carcinogenicidad, CY: Citotoxicidad, HE: hepatotoxicidad, IMT: Inmunotoxicidad, I: Inactivo, A: Activo, † Compuestos seleccionados para pruebas exhaustivas.

Fuente: elaboración propia.

Se procedió a aplicar métodos de campo de fuerza Universal Force Field (UFF) junto con el algoritmo de optimización energética de gradientes conjugados, proporcionando cargas parciales y átomos de hidrógeno polares a pH de 7,4, para ello se utilizó el programa Avogadro 1.2 (Hanwell *et al.* 2012).

El cribado virtual se llevó a cabo utilizando una grilla de acoplamiento de 21x25x18 Å³ en la que se incluye al sitio drogable de la región catalítica de la VP1, para ello se empleó el algoritmo genético-lamarckiano con el programa AutoDock Vina (Trott y Olson 2010). Como controles del sistema de acoplamiento se utilizaron los sustratos de la enzima, la adenosina trifosfato (rATP), la guanosina trifosfato (rGTP) y la citosina trifosfato (rCTP).

Se seleccionaron aquellos terpenoides que demostraron valores de energía libre de unión (ΔG) menores a los obtenidos con los controles (Gayozo *et al.* 2022). Estos compuestos fueron sometidos a pruebas de mayor exhaustividad en un total de diez repeticiones, a modo de minimizar

los errores generados en las simulaciones (Gayozo *et al.* 2022).

A modo de control interno de la precisión del algoritmo utilizado (reacoplamiento/*redocking*), este procedimiento se realizó llevando a cabo el ligando co-cristalizado con la proteína (PDB: 2R72) y estimando el valor de raíz de la desviación cuadrática media (RMSD) que se generó en la simulación (Gayozo *et al.* 2022).

La visualización tridimensional y bidimensional de los complejos, así como su análisis se realizó mediante los programas Chimera v1.16 (Pettersen *et al.* 2004) y PoseView (Fricker *et al.* 2004; Stierand *et al.* 2006). De los complejos con energías de unión favorables se determinó la afinidad de unión mediante la estimación de la constante de disociación $K_{d\text{calc}}$, empleando la fórmula utilizada por Choudhury y colaboradores (Choudhury *et al.* 2021):

$$Kd\text{ calc} = e^{(\frac{\Delta G \times 1000}{RT})}$$

Donde en la ecuación la T es la temperatura corporal promedio aviar (*Gallus domesticus*)

de 313 K (40°C) y R es la constante de los gases ideales con valor de 1,987207 cal/mol.K.

Predicciones de aptitudes farmacológicas, propiedades farmacocinéticas y tóxicas de los terpenoides

Las propiedades ADME-Tox (absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad) de los terpenoides evaluados se estimaron y caracterizaron empleando la regla de los cinco de Lipinski (2004); los parámetros ADME y de toxicidad, mediante el uso de las herramientas bioinformáticas SwissADME (Daina *et al.* 2014; Daina y Zoete 2016; Daina *et al.* 2017) y ProTox-II (Drwal *et al.* 2014).

Análisis estadísticos de datos

Los valores de energía libre de unión obtenidos en las simulaciones de acoplamiento molecular se analizaron mediante el test de Kruskal-Wallis y la prueba *post-hoc* de Dunn (5% de nivel de significancia), para ello se empleó el programa Past 4.11 (Hammer

et al. 2001). Los gráficos estadísticos se realizaron utilizando el programa Past 4.11 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las estructuras de la VP1 evidenció la presencia de un sitio con un alto puntaje de drogabilidad igual a 0,83. Este se encuentra ubicado en la región catalítica de la proteína (4) y presenta un volumen de 579,49 Å³, una superficie de 69,31 Å² y una profundidad de 21,53 Å (figura 2).

Volkamer *et al.* (2010) mencionan que los puntajes de drogabilidad en una proteína o blanco molecular pueden tomar valores que van en un rango de 0 a 1, y que aquellos valores cercanos a 1 demuestran aptitudes para considerarla como blanco para la búsqueda de ligandos.

Este sitio identificado en la VP1 demuestra el 28% de residuos apolares, el 47% de residuos polares, el 19% de residuos básicos y el 6% residuos ácidos, esta región presenta una hidrofobicidad

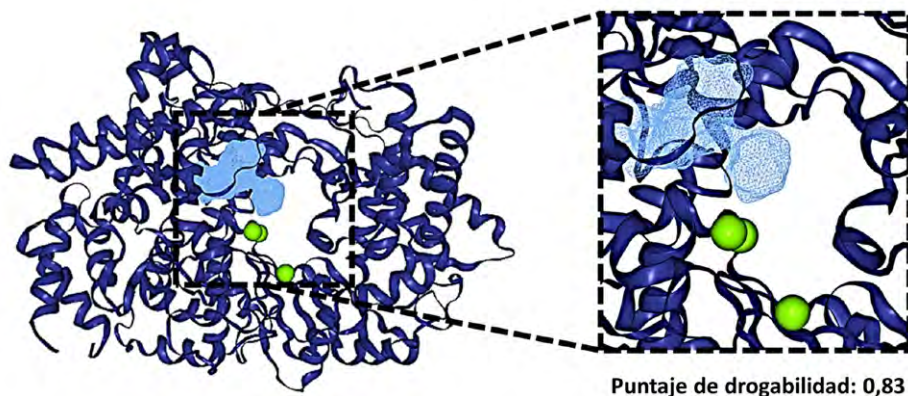


FIGURA 2. Sitio drogable situado en la región catalítica de la VP1 (PDB: 2R72) (región resaltada en celeste).

Fuente: elaboración propia.

del 15%. También es importante destacar que se encuentra conformado por 22 grupos funcionales químicos capaces de actuar como donadores en puentes de hidrógeno, 54 grupos funcionales químicos aceptores en puentes de hidrógeno y 13 grupos funcionales químicos capaces de participar en la formación de interacciones hidrofóbicas.

Los residuos encontrados en el sitio drogable fueron la Tyr59, Arg175, Leu176, Met179, Lys180, Ser256, Ser257, Lys267, Leu318, Lys321, Arg335, Asn336, Ile337, Trp338, Ser339, Ala340, His345, Glu421, Ala422, Val465, Val466, Asp467, Ser468, Ser469, Cys470, Lys478, Thr479, Tyr480, Gly48, Gln482, Gly483, Ser484, Gly485,

Asn486, Ala488 y Thr489, entre los que se encuentran residuos que cumplen funciones importantes en la catálisis realizada por la enzima (Garriga *et al.* 2007).

Con respecto a los terpenoides, se evaluaron un total de 52 compuestos mediante descriptores ADME-Tox y según la regla de los cinco de Lipinski (tabla 1, tabla 2). Entre estos, las moléculas que no presentaron actividades tóxicas y con aptitudes farmacocinéticas (absorción gastrointestinal alta sin actividades inhibitoras de las isoformas de la proteína citocromo P450) y farmacológicas (sin infracciones a la regla de Lipinski) se usaron para llevar a cabo el proceso de cribado virtual (tabla 3).

TABLA 2. Predicciones de aptitudes farmacológicas según la regla de Lipinski

Parte 1

Compuestos	Peso molecular (g/mol)	Grupos aceptores P-H	Grupos donadores P-H	MLOGP*	Número de infracciones
Mircenol†	136,23	0	0	3,56	0
Citral†	152,23	1	0	2,49	0
Linalool†	154,25	1	1	2,59	0
Limoneno	136,23	0	0	3,27	0
Timol	150,22	1	1	2,76	0
Mentol†	156,27	1	1	2,45	0
Carvonat†	150,22	1	0	2,1	0
Eucaliptol†	154,25	1	0	2,45	0
α-Tujonat†	152,23	1	0	2,3	0
α-Pineno	136,23	0	0	4,29	1
β-Pineno	136,23	0	0	4,29	1
Borneol†	154,25	1	1	2,45	0
Alcanfor†	152,23	1	0	2,3	0
Farnesol	222,37	1	1	3,86	0

Compuestos	Peso molecular (g/mol)	Grupos aceptores P-H	Grupos donadores P-H	MLOGP*	Número de infracciones
β-Nerolidol	222,37	1	1	3,86	0
β-Bisaboleno	204,35	0	0	4,53	1
α-Zingibereno	204,35	0	0	4,53	1
α-Humuleno	204,35	0	0	4,53	1
β-Santalol	220,35	1	1	3,56	0
β-Cariofileno	204,35	0	0	4,63	1
δ-Cadineno	204,35	0	0	4,63	1
Artemisinina	282,33	5	0	2,62	0
Alantolactona	232,32	2	0	3,35	0
Chamazuleno	184,28	0	0	5,01	1
Nootkatona	218,33	1	0	3,46	0
Khusimol	220,35	1	1	3,67	0
Tujopseno	204,35	0	0	5,65	1
Cedrol	222,37	1	1	3,81	0
Patchoulol	222,37	1	1	3,81	0
Germacradienol†	222,37	1	1	3,56	0
Eudesmanólicos	208,38	0	0	5,8	1
Guaiane	208,38	0	0	5,8	1

*Coeficiente de partición agua: octanol de Moriguchi, P-H: Puentes de hidrógeno, † Compuestos seleccionados para pruebas exhaustivas.

Parte 2

Compuestos	Peso molecular (g/mol)	Grupos aceptores P-H	Grupos donadores P-H	MLOGP*	Número de infracciones
Fitol	296,53	1	1	5,25	1
α-Terpineol†	154,25	1	1	2,3	0
Sclareol	308,5	2	2	3,93	0
Marrubiin	332,43	4	1	2,76	0
Salvinorina A	432,46	8	0	1,56	0
Ácido abiético	302,45	2	1	4,54	1

Compuestos	Peso molecular (g/mol)	Grupos aceptores P-H	Grupos donadores P-H	MLOGP*	Número de Infracciones
Ácido carnósico	332,43	4	3	3,25	0
Tanshinona I	276,29	3	0	1,82	0
Giberelina A1†	348,39	6	3	1,75	0
Steviol	318,45	3	2	3,75	0
Casbeno	272,47	0	0	5,72	1
Ginkgólido A	408,4	9	2	0,83	0
Nezukona	148,2	1	0	1,97	0
Cetona de Artemisia	152,23	1	0	2,49	0
Ácido crisantémico†	168,23	2	1	2,08	0
Lavandulol†	154,25	1	1	2,59	0
α-Ionona	192,3	1	0	2,94	0
β-Ionona†	192,3	1	0	2,94	0
α-Damascona†	192,3	1	0	2,94	0
β-Damascona†	192,3	1	0	2,94	0

*Coeficiente de partición agua:octanol de Moriguchi, P-H: Puentes de hidrógeno, † Compuestos seleccionados para pruebas exhaustivas.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3. Resultados obtenidos en las pruebas de acoplamiento molecular

Compuestos	PubChem CID	ΔG de unión (kcal/mol)
rATP*	5.957	-7,2
rGTP*	135.398.633	-7,0
rCTP*	6.176	-7,0
Mirceno	31.253	-4,1
Citral	638.011	-4,6
Linalool	6.549	-4,2
Mentol	1.254	-4,7

Compuestos	PubChem CID	ΔG de unión (kcal/mol)
Carvona	7.439	-4,5
Eucaliptol	2.758	-4,1
α-Tujona	261.491	-4,8
Borneol	64.685	-4,2
Alcanfor	2.537	-4,1
Germacradienol	16.667.385	-5,4
α-Terpineol	17.100	-4,6
Giberelina A1**	5.280.379	-7,1
Ácido crisantémico	2.743	-4,7
Lavandulol	5.464.156	-4,2
β-Ionona	638.014	-5,4
α-Damascona	5.366.077	-4,7
β-Damascona	32.052	-4,9

* Controles, **Compuesto con valores de energía menores o iguales a los controles.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en las pruebas del cribado molecular demostraron que el terpenoide con valor de energía libre de interacción semejante a los controles fue la molécula de Giberelina A1, compuesto que posteriormente se sometió a pruebas de mayor exhaustividad (tabla 3).

El complejo formado por la Giberelina A1 y la VP1 registró valores promedio de energía libre de unión ($\Delta G = -7,28 \pm 0,06$ kcal/mol) significativamente favorables

($p < 0,05$) en comparación con lo obtenido con los ribonucleótidos rCTP y rGTP; sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) con el ribonucleótido rATP (figura 3). Se estimó también el valor promedio de la constante de disociación, que fue de $K_{dcalc} = 8,62 \pm 0,99$ μM , demostrando de esta forma ser el terpenoide con más aptitudes para ser considerado como ligando (Choudhury *et al.* 2021) (figura 4).

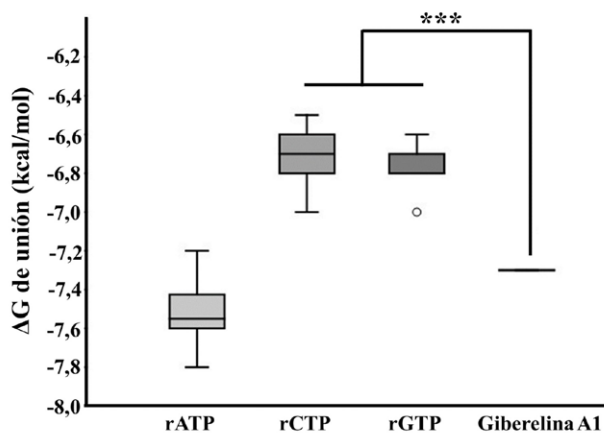


FIGURA 3. Valores de energía libre de interacción (ΔG) registrados en las pruebas de acoplamiento molecular con el sitio catalítico de la VP1. *** $p < 0,05$.

Fuente: elaboración propia.

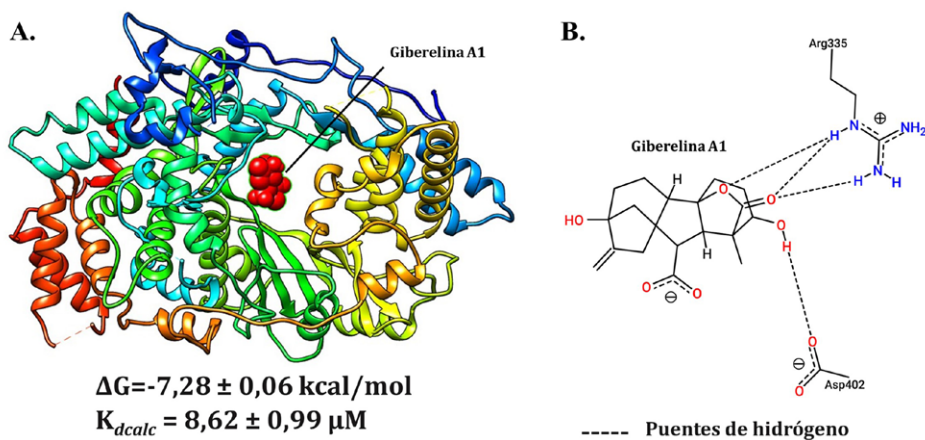


FIGURA 4. Representación gráfica del acoplamiento entre la Giberelina A1 y la región catalítica de VP1. A. Modelo tridimensional del complejo Giberelina A1-VP1. B. Modelo bidimensional de las interacciones ligando-proteína del complejo Giberelina A1-VP1.

Fuente: elaboración propia.

En dicho complejo (Giberelina A1-VP1), se registró la formación de varios puentes de hidrógeno entre la Giberelina A1 y los residuos Arg335 (residuo básico) y Asp402 (residuo ácido) de la VP1 (figura 4). Es importante destacar que ambos residuos cumplen funciones imprescindibles en las actividades catalíticas de la enzima durante la replicación del genoma del virus, ya que se encuentran actuando específicamente en la estabilización de los nucleótidos entrantes al sitio catalítico (Garriga *et al.* 2007). Además de las utilidades que poseen las moléculas de Giberelinas en el campo de la agroproducción, se ha descrito que estas tienen propiedades antiinflamatorias en organismos animales, y también se ha reportado que presentan actividades antibióticas y antiparasitarias, los cuales podrían ser beneficiosas para el control sanitario de enfermedades (Brito *et al.* 2006; Ghisalberti 1997; Pérez *et al.* 2009).

El proceso de validación de los algoritmos empleados en este estudio demostró resultados óptimos, donde el reacoplamiento del ligando co-cristalizado evidenció un valor de RMSD igual a 2 Å.

La regla de Lipinski establece que las moléculas con aptitudes farmacológicas de administración oral deben poseer peso molecular no mayor a 500 g/mol, coeficiente de participación agua:octanol de Moriguchi no mayor a cinco, un número no mayor a diez grupos aceptores de puentes de hidrógeno y no mayor a cinco grupos donadores de puentes de hidrógeno (Lipinski 2004).

La Giberelina A1 no presenta infracciones a la regla de Lipinski, posee un peso molecular igual a 348,39 g/mol, presenta seis grupos funcionales que pueden actuar como aceptores en puentes de hidrógeno y solo tres grupos funcionales capaces de

interactuar como donadores en los puentes de hidrógeno.

En cuanto al coeficiente de partición agua:octanol de Moriguchi igual a 1,75, todos estos parámetros estructurales se encontraban en los límites establecidos por la regla de Lipinski, sin embargo, los productos naturales generalmente rompen la regla debido a que son capaces de mantener el equilibrio entre el peso molecular, la cantidad de enlaces rotables, la hidrofobicidad del compuesto y la capacidad de actuar como donadores en puentes de hidrógeno, lo cual hace que los productos naturales presenten amplias ventajas sobre otros xenobióticos sintéticos (Ganesan 2008).

Asimismo, es importante destacar que las predicciones sugieren que la Giberelina A1 presenta un alto perfil de absorción gastrointestinal y no demuestra ser inhibidora del citocromo P450 (CYP) en ninguna de sus isoformas (CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, CYP2D6 y CYP3A4) (tabla 1, tabla 2).

Muchos estudios se han enfocado en la búsqueda de constituyentes vegetales con actividades antivirales que puedan ayudar a combatir el avance del IBDV, tal es el caso de los resultados reportados por Sun *et al.* (2013), quienes, al evaluar compuestos de la medicina natural china, evidenciaron que las moléculas de glicirricato de dipotasio y clorhidrato de ligustrazina presentan actividades antivirales contra el virus de la bursitis infecciosa, con una EC_{50} de $663,2 \pm 268,4$ mg/mL y $92,52 \pm 21,13$ mg/mL, respectivamente, e índices de selectividad mayores de 4,52 y 21,62, respectivamente.

Igualmente, Ahmad *et al.* (2014) reportaron potenciales actividades antivirales del extracto de raíces de *Glycyrrhiza glabra*,

frutos de *Phyllanthus emblicus*, hojas de *Moringa oleifera* y *Eugenia jambolana* contra el virus de la bursitis infecciosa a las concentraciones de 12,5, 25, 50 y 100 µg/mL, respectivamente.

Así también Anyanwu *et al.* (2017) demostraron que moléculas de alcaloides aislados del fruto de *Cucumis metuliferus* presentan actividades antivirales contra el virus de la bursitis infecciosa a concentraciones de 6,125 mg/mL y 100 mg/mL, las cuales fueron seguras para el modelo biológico empleado (células fibroblásticas embrionarias de pollo).

Por otro lado, Pant *et al.* (2012) hallaron actividades antivirales importantes del extracto hidroalcohólico de raíces de *W. somnifera* contra el virus de la bursitis infecciosa, el cual evidenció un 99% de inhibición de la replicación viral a una concentración no tóxica de 25 µg/mL.

Recientemente, Gayozo *et al.* (2022), al desarrollar aproximaciones computacionales y bioinformáticas, han revelado que los compuestos de la especie *W. somnifera* con potenciales actividades inhibitoras de la VP1 fueron la somniferina, el witanólido A, el witanólido N, el witanólido R, el witanólido S y el witasomniferol C, siendo la somniferina la de mayor afinidad de interacción con la proteína viral.

Los residuos Arg335 y Asp402, que participaban activamente en la formación del complejo Giberelina A1-VP1, presentan funciones importantes en la región catalítica de la VP1, ya que están involucrados en recibir a los nucleótidos y estabilizarlos en el sitio catalítico posteriormente a ser polimerizados por la enzima, por lo que bloquear sus funciones sería fundamental (Garriga *et al.* 2007).

La utilización de terpenoides de baja toxicidad y de bajo riesgo como potenciales antivirales es una de las aplicaciones e

investigaciones más exploradas en las últimas décadas. Estos se emplean para combatir diferentes tipos de virus que afectan a seres humanos y animales (Jumaa *et al.* 2021; Yang *et al.* 2020).

Según Amal Gaber *et al.* (2014), los terpenos tienen la capacidad de interrumpir la adhesión del virus a la superficie de las membranas celulares del hospedero, así como de inhibir la replicación del genoma viral.

Asimismo, Yang *et al.* (2015), mediante el uso de moléculas de terpenoides aisladas, han demostrado que estos son capaces de inhibir la replicación viral, impiden la síntesis de proteínas virales e inhiben la expresión de genes virales.

Otros trabajos como el de Chukwuma *et al.* (2017) reportaron la capacidad que presentan los terpenoides de inhibir la replicación de virus de interés veterinario, entre ellos el virus de la bursitis infecciosa, resaltando la importancia de estos compuestos naturales para combatir el avance del virus de la bursitis infecciosa causante la enfermedad del Gumboro.

CONCLUSIONES

Estos hallazgos bioinformáticos sugieren que, de entre los terpenoides evaluados, la Giberelina A1 es la que presenta mayor afinidad de interacción con la región catalítica de la VP1, demostrando aptitudes tanto farmacológicas como farmacocinéticas, así como muy bajas posibilidades de presentar algún tipo de actividad toxicológica en el organismo animal, por lo que este terpenoide puede ser considerado como compuesto candidato para estudios *in vitro* de inhibición de actividades enzimáticas de la VP1 e *in vivo* para evaluar sus propiedades antivirales con el virus de la bursitis infecciosa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Nacional de Incentivo a Investigadores (PRONII) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de Paraguay por el apoyo en la realización del estudio, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, que permitió la realización de esta investigación a través del Programa de Iniciación Científica (PIC), y al Grupo de Investigación en Biología Computacional y Bioinformática Estructural (GIBCBE) del Departamento de Biología por la colaboración en la investigación.

REFERENCIAS

- Ahmad W, Ejaz S, Anwar K, Ashraf M. 2014. Exploration of the in vitro cytotoxic and antiviral activities of different medicinal plants against infectious bursal disease (IBD) virus. *Open Life Sciences*. 9(5):531–542. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0276-8>
- Amal Gaber SF, Ibrahim N, Yaakob WA. 2014. Phytochemical screening and antiviral activity of *Marrubium vulgare*. *Malaysian Journal of Microbiology*. 10(2):106–111. <http://dx.doi.org/10.21161/mjm.58013>
- Angeh JE, Huang X, Swan GE, Möllman U, Sattler I, Eloff JN. 2006. Novel antibacterial triterpenoid from *Combretum padooides* [Combretaceae]. *Zhdankin VV, editor. Arkivoc*. 2007(9):113–120. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0008.913>
- Anyanwu AA, Jimam NS, Omale S, Wannang NN. 2017. Antiviral activities of *Cucumis metuliferus* fruits alkaloids on Infectious Bursal Disease Virus (IBDV). *J Phytopharmacol*. 6(2):98–101. <https://doi.org/10.31254/phyto.2017.6206>
- Berg TPVD. 2000. Acute infectious bursal disease in poultry: A review. *Avian Pathology*. 29(3):175–194. <https://doi.org/10.1080/03079450050045431>
- Brito S, Crescente O, Fernández A, Coronado A, Rodríguez N. 2006. Eficacia de un ácido kaurénico extraído de la planta venezolana *Wedelia trilobata* (Asterácea) contra *Leishmania (Viannia) braziliensis*. *Biomedica*. 26:180–187. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572006000500019
- Choudhury A, Das NC, Patra R, Bhattacharya M, Ghosh P, Patra BC, Mukherjee S. 2021. Exploring the binding efficacy of ivermectin against the key proteins of SARS-CoV-2 pathogenesis: an in silico approach. *Future Virology*. 16(4):277–291. <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0342>
- Chukwuma OJT, Joseph AO, Dike N. 2017. In vitro antiviral activities of *Aframomum melegueta* leaf extracts on Newcastle Disease Virus (NDV), Fowl Pox Virus (FPV) and Infectious Bursal Disease Virus (IBDV). *IDOSR Journal of Science and Technology*. 2(2): 33–45. Disponible en: <https://www.idosr.org/wp-content/uploads/2017/12/IDOSR-JST-22-33-45-2017-ON-1.pdf>
- Daina A, Michielin O, Zoete V. 2014. iLOGP: A Simple, robust, and efficient description of n-octanol/water partition coefficient for drug design using the GB/SA approach. *J Chem Inf Model*. 54(12):3284–3301. <https://doi.org/10.1021/ci500467k>
- Daina A, Michielin O, Zoete V. 2017. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Sci Rep*. 7(1):42717. <https://doi.org/10.1038/srep42717>
- Daina A, Zoete V. 2016. A boiled-egg to predict gastrointestinal absorption and brain penetration of small molecules. *ChemMedChem*. 11(11):1117–1121. <https://doi.org/10.1002/cmdc.201600182>
- Drwal MN, Banerjee P, Dunkel M, Wettig MR, Preissner R. 2014. ProTox: a web server for the in silico prediction of rodent oral toxicity. *Nucleic Acids Research*. 42(W1):W53–W58. <https://doi.org/10.1093/nar/gku401>
- Fricker PC, Gastreich M, Rarey M. 2004. Automated Drawing of Structural Molecular Formulas under Constraints. *J Chem Inf Comput Sci*. 44(3):1065–1078. <https://doi.org/10.1021/ci049958u>

- Ganesan A. 2008. The impact of natural products upon modern drug discovery. *Current Opinion in Chemical Biology*. 12(3):306-317. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.03.016>
- Garriga D, Navarro A, Querol-Audí J, Abaitua F, Rodríguez JF, Verdaguer N. 2007. Activation mechanism of a noncanonical RNA-dependent RNA polymerase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104(51):20540-20545. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704447104>
- Gayozo E, Rojas L, Castro L. 2022. Acoplamiento molecular entre la proteína viral 1 del virus de la enfermedad infecciosa bursal y fitoconstituyentes de *Withania somnifera* (L.) Dunal: Un enfoque computacional. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 33(5):e22022-e22022. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i5.22022>
- Ghisalberti EL. 1997. The biological activity of naturally occurring kaurane diterpenes. *Fitoterapia*, 68(4), 303-325. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:88747041>
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis 4(1):1-9. Disponible en: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hanwell MD, Curtis DE, Lonie DC, Vandermeersch T, Zurek E, Hutchison GR. 2012. Avogadro: an advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform. *Journal of Cheminformatics*. 4(1):17. <https://doi.org/10.1186/1758-2946-4-17>
- Jumaa RS, Abdulmajeed DI, Karim AJ. 2021. Evaluation of secondary metabolites of herbal plant extracts as an antiviral effect on infectious bursal disease virus isolates in embryonated chicken eggs. *Vet World*. 14(11):2971-2978. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2971-2978>
- Lipinski CA. 2004. Lead and drug-like compounds: the rule-of-five revolution. *Drug Discovery Today: Technologies*. 1(4):337-341. <https://doi.org/10.1016/j.ddtec.2004.11.007>
- Ludwiczuk A, Skalicka-Woźniak K, Georgiev MI. 2017. Chapter 11. Terpenoids. En: Badal S, Delgoda R, editores. *Pharmacognosy*. Boston: Academic Press. p. 233-266. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128021040000111>
- Nosrati M, Behbahani M. 2015. Molecular docking study of HIV-1 protease with triterpenoid compounds from plants and mushroom. *Arak Uni Med Sci J*. 18(3): 67-79. Disponible en: <http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-3723-en.html>
- Pant M, Ambwani T, Umapathi V. 2012. Antiviral activity of ashwagandha extract on infectious bursal disease virus replication. *Indian Journal of Science and Technology*. 5(5): 2750-2751. <https://doi.org/10.17485/ijst/2012/v5i5.20>
- Pérez JR, Ramos CS, Gamboa AV, Cabarcos NP, Murgas GF. 2009. Uso de microdosis de aloe vera L. en el asma bronquial. *MEDICINA NATURISTA*, 2009; Vol. 3 - N.º 2: 66-71. S.S.N.: 1576-3080.
- Pettersen EF, Goddard TD, Huang CC, Couch GS, Greenblatt DM, Meng EC, Ferrin TE. 2004. UCSF Chimera. A visualization system for exploratory research and analysis. *Journal of Computational Chemistry*. 25(13):1605-1612. <https://doi.org/10.1002/jcc.20084>
- Poroikov VV. 2020. Computer-aided drug design: from discovery of novel pharmaceutical agents to systems pharmacology. *Biochem Moscow Suppl Ser B*. 14(3):216-227. <https://doi.org/10.1134/S1990750820030117>
- Saboon, Chaudhari SK, Arshad S, Amjad MS, Akhtar MS. 2019. Natural Compounds Extracted from Medicinal Plants and Their Applications. En: Akhtar MS, Swamy MK, Sinniah UR, editores. *Natural Bio-active Compounds*. Volume 1. Production and Applications. Singapore: Springer. p. 193-207. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7154-7_7
- Sharma JM, Kim IJ, Rautenschlein S, Yeh HY. 2000. Infectious bursal disease virus of chickens: pathogenesis and immunosuppression. *Developmental & Comparative Immunology*. 24(2):223-235. [https://doi.org/10.1016/S0145-305X\(99\)00074-9](https://doi.org/10.1016/S0145-305X(99)00074-9)
- Stierand K, Maaß PC, Rarey M. 2006. Molecular complexes at a glance: automated generation of two-dimensional complex diagrams. *Bioinformatics*. 22(14):1710-1716. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl150>
- Sun Y, Song M, Niu L, Bai X, Sun N, Zhao X, Jiang J, He J, Li H. 2013. Antiviral effects of the constituents derived from Chinese herb

- medicines on infectious bursal disease virus. *Pharmaceutical Biology*. 51(9):1137-1143. <https://doi.org/10.3109/13880209.2013.781197>
- Trott O, Olson AJ. 2010. AutoDock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. *Journal of Computational Chemistry*. 31(2):455-461. <https://doi.org/10.1002/jcc.21334>
- Volkamer A, Griewel A, Grombacher T, Rarey M. 2010. Analyzing the topology of active sites: on the prediction of pockets and subpockets. *J Chem Inf Model*. 50(11):2041-2052. <https://doi.org/10.1021/ci100241y>
- Volkamer A, Kuhn D, Grombacher T, Rippmann F, Rarey M. 2012. Combining Global and Local Measures for Structure-Based Druggability Predictions. *J Chem Inf Model*. 52(2):360-372. <https://doi.org/10.1021/ci200454v>
- Yang JL, Ha TKQ, Dhodary B, Pyo E, Nguyen NH, Cho H, Kim E, Oh WK. 2015. Oleanane Triterpenes from the Flowers of *Camellia japonica* Inhibit Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV) Replication. *J Med Chem*. 58(3):1268-1280. <https://doi.org/10.1021/jm501567f>
- Yang W, Chen X, Li Y, Guo S, Wang Z, Yu X. 2020. Advances in Pharmacological Activities of Terpenoids. *Natural Product Communications*. 15(3):1-13. <https://doi.org/10.1177/1934578X20903555>

Forma de citación del artículo:

Arce, C. D. J. y Gayozo, E. (2023). Evaluación y detección bioinformática de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa. *Rev Med Vet Zoot*. 70(3): e106011. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.106011>

Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador

S. G. Parra-Guayasamín^{1,2*} , M. V. Estrella-Silva¹  e I. R. González-Puetate¹ 

Recibido: 23/01/2023. Aprobado: 28/09/2023

RESUMEN

El objetivo de este estudio retrospectivo fue determinar malformaciones congénitas mediante resonancia magnética en 147 canes sometidos a un estudio de encéfalo por recomendación médica entre 2017 y 2022 en Quito, Ecuador. El resultado fue relacionado con el sexo, la edad y la raza de cada paciente. Se identificaron 16 pacientes mediante resonancia magnética con presencia de malformaciones congénitas. El grupo etario para estas patologías fue entre los 3 meses y 7 años y solo se encontró 1 paciente mayor de 7 años. La lesión que se diagnosticó con más frecuencia fue hidrocefalia, 8,2% (n=12/147); seguida por malformación de Chiari-Like, 1,4% (n=2/147); un diagnóstico de disgenesia de cuerpo calloso, 0,7% (n=1/147); y 1 caso de alteración del *septum pellucidum*, 0,7% (n=1/147). La hidrocefalia se presentó con mayor frecuencia entre los 3 meses y los 7 años en perros de raza Pug, Bulldog Inglés y braquicefálicos. En segundo lugar, están las malformaciones de Chiari, cuya edad de diagnóstico fue de 1 a 7 años, presentes en un paciente braquicefálico de raza Chihuahua y un paciente mesocefálico de raza Yorkshire Terrier. Las lesiones diagnosticadas con mayor frecuencia fueron la hidrocefalia (8,2%) y malformación de Chiari (1,4%), con una edad de aparición en su mayoría hasta los 7 años. **Palabras clave:** resonancia magnética, Chiari-Like, malformaciones congénitas, hidrocefalia.

Determination of congenital lesions in the encephalon of dogs by magnetic resonance imaging in Quito, Ecuador

ABSTRACT

The aim of this retrospective study was to determine congenital malformations by MRI in 147 canines that underwent a brain scan by medical recommendation between 2017 and 2022 in Quito, Ecuador. The result was related to the sex, age, and breed of each patient. Sixteen patients were identified by MRI with the presence of congenital malformations. The age group for these pathologies was between 3 months and 7 years and only 1 patient older than 7 years was found. The most frequently diagnosed lesion was hydrocephalus 8.2% (n=12/147), Chiari-Like malformation 1.4% (n=2/147), a diagnosis of dysgenesis of the *corpus callosum* 0.7% (n=1/147) and 1 case of alteration

¹ Universidad de Guayaquil. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Dirección Km. 27,5 Vía a Daule. Guayaquil. Ecuador.

² Cruz Roja Ecuatoriana Radiovet Radiología Veterinaria. Av. 10 de Agosto N33-35 y Rumipamba. Edificio Torres Doral. Quito. Ecuador.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: sandra.parrag@ug.edu.ec

of the *septum pellucidum*, 0.7% (n=1/147). Hydrocephalus occurred more frequently between 3 months and 7 years, in Pug, English Bulldog, and brachycephalic dogs. Chiari malformations were the second most common type, diagnosed between 1 and 7 years of age, and were found in a brachycephalic patient of the Chihuahua breed and a mesocephalic patient of the Yorkshire Terrier breed. The most frequently diagnosed lesions were hydrocephalus (8.2%) and Chiari malformation (1.4%), with an age of presentation mostly up to 7 years.

Keywords: MRI, Chiari-Like, congenital malformations, hydrocephalus.

INTRODUCCIÓN

Se han descrito múltiples anomalías congénitas o del desarrollo asociadas al sistema nervioso central. Así, el propósito de este estudio retrospectivo fue clasificar la prevalencia de estas anomalías. Entre las malformaciones del cerebro se incluyen hidrocefalia, hidranencefalia/porencefalia, holoprosencefalia, agenesia/disgenia del cuerpo calloso, lisencefalia, polimicrogiria, meningoencefalocele, quistes intracraneales, malformaciones cerebelosas y hamartomas (Mackillop 2011).

Es importante definir estas enfermedades. Mackillop (2011) menciona que, tras el cierre del tubo neural, el extremo cefálico desarrolla tres ampliaciones vesiculares distintas: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. El prosencéfalo se subdivide en diencéfalo en la parte medial y telencéfalo en la parte lateral mediante el desarrollo de vesículas telencefálicas. Cuando hay un fallo en el prosencéfalo para bifurcarse normalmente en dos hemisferios cerebrales se denomina holoprosencefalia (HPE). La variabilidad fenotípica va desde la aprosencefalia-atelencefalia (la más grave) hasta la variante interhemisférica media del HPE (menos grave). Entre las categorías intermedias, se encuentran diferentes formas.

Aunque al hablar de HPE se sugiere una alteración nada más del prosencéfalo, existen comúnmente otras estructuras afectadas en un amplio espectro fenotípico más que categorías bien definidas. A pesar de esto, la

clasificación de Myers sigue usándose, donde se presenta en tres formas dependiendo de la gravedad de la malformación: alobar, semilobar y lobar (alobar más severa que lobar). Se presenta la agenesia o disgenesia del cuerpo calloso concomitantemente, siendo una característica del HPE, pero tanto la agenesia como disgenesia también pueden existir como una malformación aislada o con otras anomalías. Los Schnauzers miniatura pueden estar sobrerrepresentados tanto para la disgenesia del cuerpo calloso como para el HPE lobar. Debido a las estrechas interacciones espaciotemporales y a las vías de señalización comunes que contribuyen al desarrollo tanto del cerebro como de la cara, las anomalías faciales y oculares concomitantes se asocian a malformaciones cerebrales (Fallet-Bianco 2018; MackKillop 2011).

La agenesia del cuerpo calloso está bien descrita en medicina humana, se divide en un tipo en el que se forman axones que no consiguen cruzar la línea media debido a la ausencia de la masa comisural dentro de la placa comisural, corriendo en su lugar en dirección rostro-caudal como fascículos callosos longitudinales (LCF), también denominados haces de Probst, y otro tipo en el que los axones o sus cuerpos celulares progenitores no consiguen formarse en la corteza cerebral y los LCF –haces de Probst (Johnson *et al.* 2019).

En un estudio retrospectivo que se llevó a cabo por Gonçalves y colaboradores

(2014), las razas más representativas para esta anomalía fueron Staffordshire Bull Terrier (5/15) y Schnauzers miniatura 3/15 ($n = 3$, 20%) y la edad media en el momento de su aparición fue de 19 meses (rango 3-81 meses). La revisión de las imágenes de RM reveló que 10 perros tenían ausencia del cuerpo calloso (CC) rostral e hipoplasia de la porción caudal, 4 perros tenían un CC difusamente hipoplásico y displásico y 1 perro tenía un CC difusamente hipoplásico. En 14 casos, había un desarrollo cortical anormal con fusión de los lóbulos frontales ventrales y parte del diencefalo, lo que indica holoprosencefalia lobar.

La hidrocefalia es la acumulación de líquido cefalorraquídeo (LCR) dentro del sistema ventricular del cerebro y la anomalía congénita más común del sistema nervioso en los perros, pero a menudo se desconoce la causa subyacente de la hidrocefalia congénita. La dilatación progresiva de los ventrículos se da por una alteración del equilibrio entre la producción y absorción de LCR que causa el aumento de presión intracraneal, lo cual provoca un compromiso progresivo de los vasos cerebrales, laceraciones de la sustancia blanca periventricular, destrucción focal del revestimiento endotelial y puede conducir a una lesión neuronal permanente y una atrofia grave de la sustancia blanca (Olszewska, Farke y Schmidt 2020). Se trata de un proceso multifactorial que puede producirse por varios procesos fisiopatológicos y carece de una clasificación definitiva en medicina veterinaria. Clínicamente, esta se divide en congénita o en adquirida, la hidrocefalia congénita se encuentra más casos en razas de perros braquicefálicos. La hidrocefalia congénita se sospecha que ocurre secundaria a problemas de desarrollo, interrupción del flujo o absorción del

líquido cefalorraquídeo, también debido a factores genéticos y exposición en el útero a agentes infecciosos o teratogénicos. La hidrocefalia interna y la hidrocefalia externa se refieren a una mayor acumulación de líquido dentro de los espacios ventricular y subaracnoideo, respectivamente (Curtis *et al.* 2006; Gomes, Targett y Lowrie 2019). Un estudio realizado por Palacios (2018) en 28 perros encontró que el 7,14% ($n = 2/28$) presentó hidrocefalia. La hidrocefalia congénita se produce con mayor frecuencia en las razas de perros miniatura y de juguete (por ejemplo, Maltés, Yorkshire Terrier, Bulldog Inglés, Chihuahua, Lhasa Apso, Pomerania, Caniche Toy, Boston Terrier, Carlino y Pequinés) durante el primer año de vida (Dewey 2003). Se sospecha que la hidrocefalia congénita está asociada a la fusión de los colículos rostrales, lo que causa una estenosis mesencefálica secundaria del acueducto.

Por su parte, la hidrocefalia obstructiva (no comunicante) se caracteriza por la oclusión del flujo de LCR dentro del sistema ventricular rostral, la hidrocefalia comunicante se produce cuando existe un impedimento extraventricular a la circulación y absorción normales del LCR, además de una producción excesiva de LCR, y la hidrocefalia compensatoria (es decir, hidrocefalia ex-vacuo) se produce cuando el LCR ocupa un espacio en la cavidad craneal que normalmente estaría ocupado por parénquima cerebral (Curtis *et al.* 2006).

Ojeda y Salinas (2019), en un estudio en el cual se sometió a tomografía de encéfalo a 71 caninos, encontraron 38 diagnósticos tomográficos positivos a lesión encefálica (53,5%). Las lesiones más frecuentemente diagnosticadas fueron dilatación ventricular (29%-11/38), neoformaciones encefálicas (15,8%-6/38) e hidrocefalia

(15,8%-6/38). La dilatación ventricular se presentó con mayor frecuencia entre 1 y 7 años, en razas Maltés y Poodle, en tanto que la hidrocefalia en canes entre 1 y 7 años, mayormente en Chihuahua y Pug. Cabe anotar que el tamaño de los ventrículos varía entre razas e incluso entre individuos sanos de la misma raza, siendo el término ventriculomegalia el más apropiado en estos casos, porque al hablar de hidrocefalia se refiere a un proceso que implica enfermedad en curso.

Del mismo modo, se puede observar asimetría ventricular como hallazgo incidental en animales sanos (Gutiérrez y López 2020). El estudio de Ryan *et al.* (2014) evaluó los reportes de resonancia magnética de 50 perros de raza Bulldog Inglés, donde 48 perros tenían algún grado de ventriculomegalia cerebral, 27 de los cuales tenían el resto de su cerebro normal. La presencia de ventriculomegalia lateral no se asoció significativamente con la presencia de otra lesión intracraneal. En este estudio se puede ver que el aspecto del *septum pellucidum* es variable, desde intacto hasta incompleto o completamente ausente. El cuerpo calloso estaba subjetivamente adelgazado en todos los perros excepto en tres, dos de los cuales tenían ventrículos laterales normales. El estudio antes mencionado indica que la ventriculomegalia cerebral es un hallazgo común en los perros Bulldog Inglés con o sin otras lesiones intracraneales. La ventriculomegalia de los Bulldog Inglés se ha asociado además con la falta de un *septum pellucidum* intacto (que separa los ventrículos laterales) y la atrofia con adelgazamiento del cuerpo calloso.

Otra enfermedad congénita es la malformación de Chiari-Like (CM), caracterizada por una disparidad en la medida entre el cerebro (muy grande) y la fosa caudal (muy

pequeña). Debido a esto, el cerebelo y el tronco encefálico están herniados hacia el foramen magno. Existe una asociación entre CM y siringomielia (SM), la cual se cree que está relacionada, al menos en parte, a la obstrucción del líquido cefalorraquídeo (LCR) a través del foramen magno (Rusbridge *et al.* 2009), dado que Chiari-Like (CM) es una malformación en el rombencéfalo y la fosa craneal caudal (CCF) circundante que se ha notificado en perros de razas braquicéfalas. Sin embargo, se ha cuestionado la relevancia de ese diagnóstico de resonancia magnética, ya que la CM, definida como la identificación de una hernia cerebelosa, es ubicua en algunas razas y la SM puede ser asintomática. La CM se caracteriza por la herniación de parte del vermis cerebeloso a través del foramen magno. Se reporta que en pacientes humanos se presenta generalmente en las mujeres. La resonancia magnética puede revelar, además, cambios que sugieren un aumento de la presión intracraneal, como la pérdida de la definición de los surcos junto con ventriculomegalia (Driver *et al.* 2012; Rusbridge, Stringer y Knowler 2018).

La siringomielia puede ser una cavidad única o una serie de cavidades llenas de LCR dentro del parénquima de la médula espinal, cuya formación está muy probablemente asociada a la alteración del flujo del LCR. La acumulación de LCR es responsable de los signos clínicos de la enfermedad neurológica en los perros, como el dolor, la escoliosis cervical y la ataxia. En humanos con esta patología, el 80% de los pacientes reporta dolor cervical y en caninos el 35% también tiene este síntoma.

La SM puede ser progresiva, la prevalencia del SM en Cavalier King Charles Spaniel asintomáticos escaneados para fines de cría es del 25% a los 12 meses y del

70% en perros de 72 meses o más. A su vez, en un informe de caso realizado por Park y colaboradores (2009), en el cual se hizo un estudio de resonancia magnética de cerebro y médula espinal a tres perros de raza pequeña que presentaron hipersensibilidad, dolor y rigidez cervical, los tres casos presentaron las dos patologías, tanto CM como SM. Los perros con SM tienen más probabilidades de tener anomalías de la unión craneocervical, incluido el desplazamiento rostral del eje y el atlas con una mayor angulación odontoides que causa deformación de la unión craneoespinal y elevación del bulbo raquídeo. Esta malformación es más frecuente en Cavalier King Charles Spaniel, se cree que afecta al 95% de la población, sin embargo, se ha diagnosticado en otras razas pequeñas. En comparación con otras razas mesencefálicas, el Cavalier King Charles Spaniel tiene la fosa craneal caudal menos profunda y un hueso suboccipital y basioccipital anormales (Driver *et al.* 2012; Loughin 2016; Park *et al.* 2009; Rusbridge, Stringer y Knowler 2018; Schmidt *et al.* 2013).

Los quistes intracraneales son lesiones clásicas con un revestimiento epitelial lleno de líquido que pueden causar directamente signos clínicos, por compresiones del cerebro, o indirectamente causar una lesión como hidrocefalia obstructiva. Se producen debido a la división o duplicación de la membrana aracnoides. Estos divertículos constituyen el 1% de las lesiones intracraneales no traumáticas que aparecen en los adultos humanos y ocurren en el 2,6% de los niños con localización supratentorial e infratentorial. En perros se han descrito más de 60 casos de divertículos intracraneales, todos ellos localizados en la fosa caudal, la mayoría parecen producirse en la región comparable con la cisterna cuadrigeminal de los humanos, por lo que a menudo se

les llama quistes cuadrigeminales, con una baja prevalencia del 0,7% en perros (Platt, Hicks y Matiassek 2015).

Muchas de las enfermedades neurológicas congénitas pueden resultar en la incapacidad o muerte del animal, causar déficits neurológicos en animales en crecimiento, pero algunas anomalías no producen signos clínicos hasta la edad adulta. Unas cuantas, como la epilepsia idiopática y la hidrocefalia, exhiben predisposición racial o familiar y su origen se probó o sugirió que tiene una base genética (Mackillop 2011; Passantino y Masucci 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se incluyeron 147 informes de resonancia magnética a nivel de encéfalo en caninos, que se derivaron a un centro de referencia en la ciudad de Quito, Ecuador, en un periodo comprendido entre 2017 y 2022. Todos los informes pertenecen a pacientes con enfermedades neurológicas que se atendieron en consulta en varias clínicas veterinarias y se derivaron al centro de especialidad para realizar una resonancia magnética.

Los pacientes fueron de ambos sexos, se formaron diferentes grupos por edades que se clasificó de la siguiente manera: el primer grupo incluyó a caninos de 3 a 12 meses de edad; el segundo grupo, de 13 meses hasta 7 años; el tercer grupo, de 7 años hasta 10 años; y el cuarto grupo, mayores de 10 años. También se los clasificó por razas, por su forma del cráneo en dolicocefalos, mesocéfalos y braquicéfalos. Para la evaluación de los informes, se tomó el diagnóstico de la resonancia magnética simple y contrastada, los reportes se clasificaron por grupo de enfermedades encontradas y se determinó

la frecuencia de malformaciones congénitas diagnosticadas desde 2017 hasta 2022.

Las resonancias magnéticas fueron ejecutadas en el Centro de Referencia Radiovet, en Quito, Ecuador, con un equipo Siemens Somaton Esenza de 1.5 T en secuencias T1, T2 , T1 con contraste en cortes transverso, sagital y dorsal.

En el presente estudio, se realizó un análisis univariado y comparaciones a través de tablas cruzadas, mediante un análisis estadístico con el programa SPSS, previa clasificación y codificación, ya que se trató de un estudio exploratorio no experimental. Se excluyeron los casos de hidrocefalia, alteraciones del cuerpo caloso que es posible que sean secundarias a otras patologías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un total de 147 estudios en el periodo comprendido entre 2017 y 2022, todas las resonancias magnéticas fueron de encéfalo de caninos con signos clínicos neurológicos, los pacientes se encontraban en un rango de 3 meses a

15 años, presentaban diferentes clases de talla, peso y raza.

De la información recopilada de los reportes de resonancia magnética se encontró que el 8,2% (n = 12/147) presentó hidrocefalia, 1,4% (n = 2/147) malformación Chiari-Like, el 0,7% (n=1/147) disgenesia del cuerpo caloso, el 0,7% (n=1/147) alteración del *septum pellucidum* y el 89,1% (n=131/147) presentaron diferentes enfermedades como: neoplasias, enfermedades degenerativas, enfermedades neuroinfecciosas, eventos vasculares y algunos estudios de características normales (tabla1).

Palacios (2018) encontró que, de 28 pacientes analizados, 7,14% (n = 2/28) presentó hidrocefalia; 35,72% (n = 10/28), epilepsia (resonancia magnética sin alteraciones); 28,57% (n = 8/28), neoplasias; 14,28% (n = 4/28) lesiones sugerentes a neuroinfecciones, 10,72% (n = 2/28), eventos vasculares; y 3,57% (n = 1/28), atrofas. El presente estudio dio resultados parecidos, pues encontró el 8,2% (n = 12/147) de animales con hidrocefalia. Por otra parte, la hidrocefalia se presentó más

TABLA 1. Frecuencia de malformaciones congénitas en el periodo 2017-2022

Enfermedad	Frecuencia	Porcentaje
Otros	131	89,1
Hidrocefalia	12	8,2
Chiari	2	1,4
Disgenesia cuerpo caloso	1	0,7
Alteración <i>septum pellucidum</i>	1	0,7
Total	147	100,0

Nota: en otros se incluye neoplasias, enfermedades degenerativas, enfermedades neuroinfecciosas, eventos vasculares y algunos estudios de características normales (probablemente epilepsia).

Fuente: elaboración propia.

en caninos braquiocefálicos en relación con los mesocefálicos y dolicocefalos, con 7,5% (n = 11/147) braquiocefálicos, 0,7% (n = 1/147) mesocefálicos y no se encontró ningún paciente dolicocefalo. Curtis *et al.* (2006) y Dewey (2003) mencionan que la hidrocefalia congénita se produce con mayor frecuencia en las razas de perros

miniatura como Maltés, Yorkshire Terrier, Bulldog Inglés, Chihuahua, Lhasa Apso, Pomerania, Caniche Toy, Boston Terrier, Carlino y Pequinés durante el primer año de vida. En el periodo 2017-2022 se encontró que de 37 razas se diagnosticó la mayor cantidad de hidrocefalia en pacientes raza Pug (tabla 2).

TABLA 2. Frecuencia de malformaciones congénitas presentes en las razas muestreadas

Raza	Otros		Hidrocefalia		Chiari-Like		Agenesia cuerpo calloso		Alteración septum pellucidum		Total
Akita Inu	3	2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3
Basset Hound	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Beagle	5	3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5
Bichón Maltés	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Boston Terrier	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Bóxer	5	3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5
Braco Alemán	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Bull Terrier	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Bulldog	1	1%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Bulldog Francés	5	3%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	6
Bulldog Inglés	3	2%	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	5
Chihuahua	5	3%	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	6
Dogo Argentino	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Dogo de Burdeos	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Fox Terrier	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
French Poodle	8	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	8
Golden Retriever	8	5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	8

Raza	Otros		Hidrocefalia		Chiari–Like		Agenesia cuerpo calloso		Alteración <i>septum pellucidum</i>		Total
Gran Danés	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Husky Siberiano	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Jack Russell	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Labrador Retriever	3	2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3
Mestizo	35	24%	0	0%	0	0%	0	0%	1	1%	36
Pastor Alemán	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Pequinés	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Pitbull	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Pomerania	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Pug	3	2%	5	3%	0	0%	1	1%	0	0%	9
Rotweiler	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
San Bernardo	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Schnauzer	10	7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	10
Shar Pei	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Shitzu	1	1%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Silky terrier	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1
Viejo Pastor Inglés	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
Weimaraner	2	1%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2
West Highland White Terrier	3	2%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3
Yorkshire Terrier	8	5%	0	0%	1	1%	0	0%	0	0%	9
Total	131	89%	12	8%	2	1%	1	1%	1	1%	147

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, la malformación de Chiari-Like se reporta especialmente en perros de raza Cavalier King Charles Spaniel (CKCS) porque tiene la probabilidad de cerrar la sincondrosis esfeno-occipital a los 8 meses de edad, mientras que los perros braquicéfalos la cierran a los 12 meses y los mesencefálicos la cierran a los 16 meses, lo cual provoca una forma anormal del cráneo en esta raza de perros (Driver *et al.* 2012), El estudio de Rusbridge y colaboradores (2018) menciona que es común ver CM y SM en pacientes braquiocefálicos, pero en algunos casos son pacientes incluso asintomáticos. En nuestro estudio se diagnosticó un paciente braquiocefálico 0,7% (n = 1/147) y un paciente mesocefálico 0,7% (n = 1/147) con malformación de Chiari (tabla 2). Además, se diagnosticó disgenesia del cuerpo calloso en un 0,7% (n = 1/147) en un paciente braquiocefálico y alteración del *septum pellucidum* en 0,7% (n = 1/147) en un paciente mesocefálico (tabla 3).

Se debe recalcar que en este estudio no se presentó ningún paciente de raza CKCS, se diagnosticó malformación de Chiari-Like en un paciente Chihuahua y en un paciente Yorkshire. Los dos pacientes

eran machos, uno de ellos presentó un estudio compatible con malformación Chiari y siringohidromielia secundaria y el otro presentó malformación Chiari junto a una hidrocefalia obstructiva, dilatación de todo el sistema ventricular e hidromielia cervical. Park y colaboradores (2009) mencionan que de 3 pacientes caninos a los cuales se realizó una resonancia magnética de cabeza y cuello por hiperestesia cervical, todos ellos presentaban malformación de Chiari y siringomielia cervical.

La disgenesia del cuerpo calloso se diagnosticó en un paciente macho 0,7% (n = 1/147) (tabla 4), perteneciente al grupo 1 (tabla 5) con una edad de 3 meses, raza Pug, esto concuerda con el estudio de Gonçalves y colaboradores (2014), donde la edad media de presentación de las anomalías del cuerpo calloso tiene un rango entre 3 y 81 meses, con una edad media en el momento de la presentación de 19 meses. En este estudio, además, las razas más representadas fueron Staffordshire Bull Terrier (5/15) y Schnauzers Miniatura (3/15; n = 3, 20%) a diferencia de nuestro estudio en el cual se observó esta patología en un canino de raza Pug.

TABLA 3. Frecuencia de malformaciones congénitas presentes en las razas muestreadas

Clasificación	Otros	Hidrocefalia	Chiari-Like	Agenesia cuerpo calloso	Alteración <i>septum pellucidum</i>	Total
Mesocefálico	101 68,70%	1 0,70%	1 0,70%	0 0,00%	1 0,70%	104
Braquiocefálico	30 20,40%	11 7,50%	1 0,70%	1 0,70%	0 0,00%	43
Total	131 89,10%	12 8,20%	2 1,40%	1 0,70%	1 0,70%	147

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Frecuencia de malformaciones congénitas del sistema nervioso central según el sexo

Sexo	Otros		Hidrocefalia		Chiari-Like		Agenesia cuerpo calloso		Alteración <i>septum pellucidum</i>		Total
Hembra	50	34,0%	6	4,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	56
Macho	81	55,1%	6	4,1%	2	1,4%	1	0,7%	1	0,7%	91
Total	131	89,1%	12	8,2%	2	1,4%	1	0,7%	1	0,7%	147

Fuente: elaboración propia.

TABLA 5. Número de perros en cada edad que presentaron malformaciones congénitas

Edad	Otros		Hidrocefalia		Chiari-Like		Agenesia cuerpo calloso		Alteración <i>septum pellucidum</i>		Total
1	6	4,1%	3	2,0%	0	0,0%	1	0,7%	1	0,7%	11
2	64	43,5%	8	5,4%	2	1,4%	0	0,0%	0	0,0%	74
3	55	37,4%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	56
4	6	4,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6
Total	131	89,1%	12	8,2%	2	1,4%	1	0,7%	1	0,7%	147

Nota: Grupo 1 (hasta 12 meses de edad), Grupo 2 (1 año a 7 años), Grupo 3 (de 7 años a 10 años) y Grupo 4 (mayores de 10 años).

Fuente: elaboración propia.

Un paciente presentó desviación a nivel del *septum pellucidum* 0,7% (n = 1/147) con dilatación del ventrículo lateral izquierdo, lo que corresponde a un paciente mesocefálico, macho, con 4 meses, Bichón Maltés (tabla 6). Ryan *et al.* (2014) realizaron un estudio donde se evaluaron las resonancias magnéticas de 50 perros Bulldog Inglés. De estos, 48 tenían algún grado de ventriculomegalia cerebral, 27 de los cuales tenían un cerebro normal, así la presencia

de ventriculomegalia lateral no se asoció significativamente con la presencia de otra lesión intracraneal. De igual manera, se apreció que el aspecto del *septum pellucidum* era variable, ya que podía ir desde intacto hasta incompleto o completamente ausente. Así, la ventriculomegalia de los Bulldog Inglés se ha asociado a la falta de *septum pellucidum* que separa los ventrículos laterales y la atrofia más adelgazamiento del cuerpo calloso.

TABLA 6. Frecuencia de pacientes con malformaciones congénitas según una clasificación por sexo, edad y razas

Enfermedad x clasificación x sexo x edad				Otros	Hidrocefalia	Chiari–Like	Agnesia cuerpo calloso	Alteración <i>septum pellucidum</i>	Total				
Clasificación	Mesocéfalo	Hembra	Edad	1	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	1		
				2	13	8,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	13
				3	21	14,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	21
				4	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1
		Macho	Edad	1	3	2,0%	1	0,7%	0	0,0%	1	0,7%	5
				2	32	21,8%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	33
				3	26	17,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	26
				4	4	2,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4
	Braquiocéfalo	Hembra	Edad	1	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	1
				2	10	6,8%	4	2,7%	0	0,0%	0	0,0%	14
				3	4	2,7%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	5
				4	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0
		Macho	Edad	1	2	1,4%	1	0,7%	0	0,0%	1	0,7%	4
				2	9	6,1%	4	2,7%	1	0,7%	0	0,0%	14
				3	4	2,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4
				4	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1
Total				131	89,1%	12	8,2%	2	1,4%	1	0,7%	147	

Nota: Grupo 1 (hasta 12 meses de edad), Grupo 2 (1 año a 7 años), Grupo 3 (de 7 años a 10 años) y Grupo 4 (mayores de 10 años).

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se observa que la hidrocefalia se diagnosticó con mayor frecuencia en el biotipo mesocefálico en un paciente canino macho del grupo 1 (3 meses a 12 meses), 0,7%. En el biotipo braquiocéfálicos, se diagnosticó hidrocefalia en un canino hembra de 3 meses a 12 meses (0,7%), cuatro caninos hembras de 13 meses a 7 años (2,7%), un canino hembra de 7 años a 10 años (0,7%), un canino macho de 3 meses a 12 meses (0,7%) y cuatro caninos machos de 13 meses a 7 años (2,7%) (figura 1).

En el estudio realizado por Ojeda y Salinas (2019), en el cual se determinaron las lesiones encefálicas en caninos con el uso de tomografía, se encontró que, de los 71 pacientes sometidos al examen, las lesiones diagnosticadas más frecuentes fueron dilatación ventricular (29%, 11/38),

neoformaciones encefálicas (15,8%, 6/38) e hidrocefalia (15,8%, 6/38). La dilatación ventricular se presentó con mayor frecuencia entre 1 y 7 años, en razas Maltés y Poodle; las neoformaciones cerebrales, en canes mayores de 7 años y en la raza Labrador; en tanto que la hidrocefalia, en canes entre 1 y 7 años, mayormente en Chihuahua y Pug. Esto concuerda con nuestro estudio en relación con el porcentaje de diagnóstico obtenido de hidrocefalia en caninos raza Pug. Asimismo, la edad de presentación en este estudio, específicamente en hidrocefalia, fue de 1 a 7 años, lo que concuerda con los resultados porque se encontraron pacientes de 3 meses a 12 meses y de 13 meses a 7 años en su mayoría. Solo hubo un paciente de 7 años. El sexo no difiere en hidrocefalia, pero, al analizar malformación de Chiari–Like, se encontró una mayor

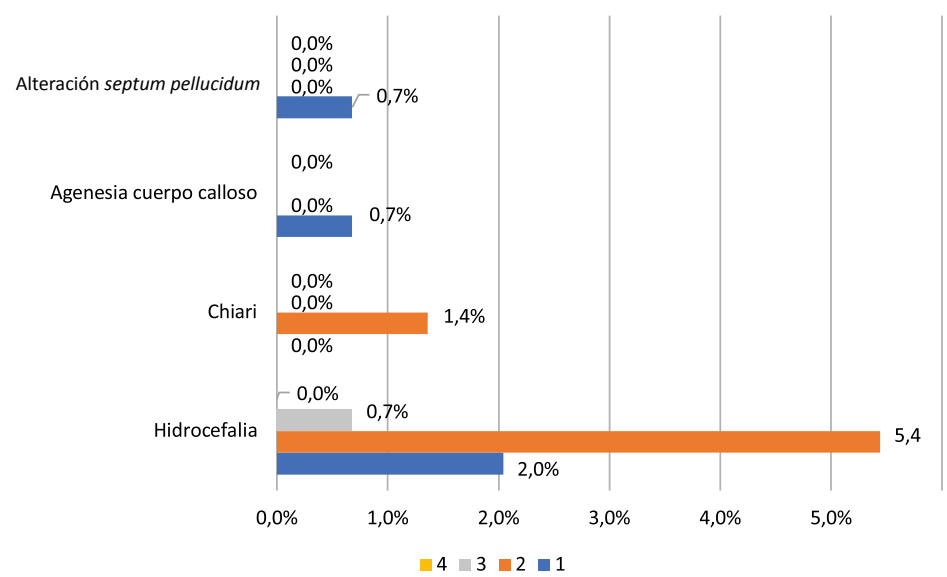


FIGURA 1. Enfermedades congénitas según la edad de aparición.

Nota: Grupo 1 (hasta 12 meses de edad), Grupo 2 (1 año a 7 años), Grupo 3 (de 7 años a 10 años) y Grupo 4 (mayores de 10 años).

Fuente: elaboración propia.

cantidad de afectaciones en machos que en hembras, en el estudio realizado por Romero-Luna, Daria Irina, *et al.* (2022). y colaboradores (2012); en humanos se encuentra una mayor cantidad de mujeres con malformación de Chiari-Like en relación con los hombres (tabla 4 y tabla 6).

CONCLUSIÓN

Las lesiones más frecuentemente diagnosticadas como malformaciones congénitas mediante resonancia magnética fueron hidrocefalia (8,2%) y malformación de Chiari-Like (1,4%), con una edad de presentación en su mayoría hasta los 7 años. Aunque en un gran número de pacientes la causa de sus signos neurológicos no fueron anomalías de desarrollo ni congénitas. Es necesario continuar este estudio con otro por un periodo más largo y con un mayor número de casos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener relaciones de interés comercial o personal en el marco de la investigación que condujo a la producción del manuscrito sometido.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo es autofinanciado.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Todos los datos generados durante este estudio se incluyen en este artículo.

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

No se hizo uso de inteligencia artificial.

REFERENCIAS

- Curtis DW, Coates JR, Axlund T, Smith J. 2006. Hydrocephalus in dogs and cats. *Neurology Compendium*. 28. Disponible en: <https://www.vetfolio.com/learn/article/hydrocephalus-in-dogs-and-cats>
- Dewey CW, Da Costa RC. 2016. *Practical guide to canine and feline neurology*. Tercera edición. Iowa: Wiley Blackwell. 154 p.
- Driver CJ, De Risio L, Hamilton S *et al.* 2012. Changes over time in craniocerebral morphology and syringomyelia in cavalier King Charles Spaniels with Chiari-Like malformation. *BMC Vet Res*. 8:215. <https://doi.org/10.1186/2F1746-6148-8-215>
- Fallet-Bianco C. 2018. Neuropathology of holoprosencephaly. *Am J Medical Genetics*. 178(2):214-228. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31623>
- Gonçalves R, Volk H, Smith P, Penderis J, Garosi L, Mackillop E, De Stefani A, Cherubini G, McConnell JF. 2014. Corpus callosal abnormalities in dogs. *J Vet Intern Med*. 28(4):1275-9. <https://doi.org/10.1111/jvim.12371>
- Gomes SA, Targett M, Lowrie M. 2019. Congenital external hydrocephalus in a dog. *Journal of Small Animal Practice*. 61(11):7010-713. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31032926/>
- Gutiérrez-Quintana R, José-López R. 2020. Anomalías congénitas del cráneo, columna vertebral y sistema nervioso central. *V(163)14-22*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340925999_
- Jurney C, Haddad J, Crawford N, Miller AD, Van Winkle TJ, Vite CH, Sponenberg P, Inzana KD, Cook CR, Britt L, O'Brien DP. 2009. Polymicrogyria in standard poodles. *J Vet Intern Med*. 23(4):871-4. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2009.0338.x>
- Johnson PJ, Barry EF, Luh WM, Davies E. The use of diffusion tractography to characterize a corpus callosum malformation in a dog. *J Vet Intern Med*. 33(2):743-750. <https://doi.org/10.1111/jvim.15392>
- Loughin CA. 2016. Chiari-Like malformation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 46(2):231-42. <https://doi.org/10.1016/j.cvsml.2015.10.002>

- Mackillop E. 2011. Magnetic resonance imaging of intracranial malformations in dogs and cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 52(1):S42-S51. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2010.01784.x>
- Ojeda C, Salinas E. 2019. Determinación de lesiones encefálicas en canes mediante tomografía computarizada en Lima, Perú. *Rev. Investig. Vet. Perú*. 30(2). <http://www.scielo.org.pe/pdf/rirep/v30n2/a28v30n2.pdf>
- Olszewska A, Farke D, Schmidt MJ. 2020. Spontaneous hemispheric ventricular collapse and subarachnoid hemorrhages in a dog with congenital hydrocephalus internus. *Ir Vet J*. 73(5). <https://doi.org/10.1186/s13620-020-00159-x>
- Palacios D. 2018. Elaboración de un protocolo anestésico para resonancia magnética encefálica para perros con síndrome convulsivo de pacientes de especialidades centro veterinario, en la ciudad de Guatemala. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 72 p.
- Park C, Kang BT, Yoo JH, Park HM. 2009. Syringomyelia in three small breed dogs secondary to Chiari-Like malformation: clinical and diagnostic findings. *J Vet Sci*. 10(4):365-367. <https://doi.org/10.4142/jvs.2009.10.4.365>
- Passantino A, Masucci M. 2016. Congenital and inherited neurologic diseases in dogs and cats: Legislation and its effect on purchase in Italy. *Veterinary World*. 9(5):437-443. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.437-443>
- Platt S, Hicks J, Matiassek L. 2015. Intracranial Intra-arachnoid Diverticula and Cyst-like Abnormalities of the Brain. *Vet. Clin Small Anim*. 46(2):253-263. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2015.10.004>
- Romero-Luna, D, García-Benítez, C, Jaime-Córdova, A, Vargas-Aguilar, D. 2022. Malformación de Arnold Chiari tipo 1 en embarazada, reporte de caso clínico. *Ginecología y Obstetricia de México*. 90(8):682-687. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0300-90412022000800682
- Rusbridge C, Kowler SP, Pieeterse L, Fadyen AK. 2009. Chiari-Like malformation in the Griffon Bruxellois. *Journal of Small Animal Practice*. 50:386-393. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00744.x>
- Rusbridge C, Stringer F, Knowler SP. 2018. Clinical application of diagnostic imaging of Chiari-Like malformation and syringomyelia. *Front Vet Sci*. 28:5-280. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00280>
- Ryan CT, Glass EN, Seiler G, Zwingerberger AL, Mai W. 2014. Magnetic resonance imaging findings associated with lateral cerebral ventriculomegaly in English Bulldogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 55(3):292-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24320744/>
- Schmidt MJ, Volk H, Klingler M, Failing K, Kramer M, Ondreka N. 2013. Comparison of closure times for cranial base synchondroses in mesaticephalic, brachycephalic, and Cavalier King Charles Spaniel dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 54(5):497-503. <https://doi.org/10.1111/vru.12072>

Forma de citación del artículo:

Parra-Guayasamín, S. G., Estrella-Silva, M. V. y González-Puetate, I. R. (2023). Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador. *Rev Med Vet Zoot*. 70(3): e106892. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.106892>

Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala

D. Medina–Arellano^{1*}, *D. E. Chang*², *D. Mejía–Recinos*³,
*A. Arango–Gramajo*¹, *L. Cuetto*¹, *J. Martínez–Ocampo*¹, *N. Steffes*¹

Recibido: 18/03/2023. Aprobado: 25/07/2023

ABSTRACT

The description and analysis of the different antibiotics registered in a country allow establishment of criteria on their use, species, and routes of administration, which translates into better controls for the entities in stakeholders. This study is the first report of antibiotics for veterinary use in Guatemala and was carried out through data mining and analysis of the same through Principal Component Analysis, where the registration of 141 molecules of antibiotics and their combinations was exhibited, in which enrofloxacin (10.26%) and oxytetracycline (9.01%) stand out as the antibiotics with the largest number of registrations in the country and the most used in food-producing species, specifically cattle, pigs, and poultry.

Keywords: veterinary use, Guatemala, antibiotics, animals, antimicrobial resistance.

Antibióticos de uso veterinario registrados en Guatemala

RESUMEN

La descripción y el análisis sobre los distintos antibióticos registrados en un país permiten establecer criterios sobre uso, especies y vías de administración, lo que se traduce en mejores controles para los entes encargados de la toma de decisiones. El presente estudio es el primer reporte de antibióticos de uso veterinario en Guatemala y se realizó a través de minería de datos y análisis de estos a través de Análisis de Componentes Principales, donde se determinó el registro de 141 moléculas de antibióticos y sus combinaciones, en la que destacan la enrofloxacina (10,26%) y la oxitetraciclina (9,01%) como los antibióticos con mayor número de registros en el país y los más utilizados en las especies productoras de alimento para consumo humano, específicamente bovinos, porcinos y aves.

Palabras clave: uso veterinario, Guatemala, antibióticos, animales, resistencia antimicrobiana.

INTRODUCTION

According to the World Organization for Animal Health (WOAH 2017), antibiotics are essential medicines for health and

well-being of men and animals. Likewise, this institution recognizes the importance of veterinary medicine's access to different antibiotics, due to its fundamental role

¹ Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

² Departamento de Ciencias Farmacológicas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

³ Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, Guatemala.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: iddiego1989@hotmail.com

in treatment and control of infectious diseases in animals, as well as those of zoonotic interest.

The professional practice of veterinary medicine, both in the private and public sectors, plays a crucial role in combating resistance to antimicrobial agents due to its responsibility in the prescription and application of antibiotic products (Food and Nutrition Security Foundation [FAO] 2016). The choice of antibiotic must be implemented considering the spectrum of pathogens sensitive to it, the mechanism of action, its pharmacokinetics, pharmacodynamics, toxicity, the severity of the disease and the degree of resistance of the pathogens in question.

The inappropriate use of these drugs in different areas of medicine, agriculture, and livestock, associated with the appearance and spread of microorganisms resistant to antimicrobials, places at great risk not only animals, but also the human population. The risk seems particularly high in countries where legislation, surveillance systems, regulatory monitoring, and control of antibiotics use are weak or insufficient. Antibiotic-resistant microorganisms can develop and be transmitted between food-producing animals and humans directly or through the food chain and the environment (FAO 2016).

According to Moreno-Brid and Pérez (2003), economic growth is determined by the effect of elasticity on national income with reference to the rest of the world and imports/exports of each country. At regional level, the Guatemalan market is the largest in the Central American isthmus due to its productive infrastructure and strategic geographic location (Plazas 2006). Accessing the Guatemalan market represents an attraction for foreign pharmaceutical companies related to livestock activity, since

this represents one of the main sources of food, by-products, and activities derived from livestock, poultry, and aquaculture (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad [Intecap] 2010).

Iragiien and collaborators (2007 p. 199) define drug registration as “the procedure designed to verify the quality, efficacy and safety of a product through the evaluation and recognition of its history”. This process begins with the adoption of technical frameworks for different products used and their import or manufacturing conditions. For this reason, veterinary products are subject to registration with official authorities prior to any marketing authorization (Vallat 2010).

Technical frameworks, according to Gimeno (2003 p. 453): “consist of regulations, handbooks and guides, which allow standards to be met with homogeneous and standardized criteria”. Therefore, they support the measures of sanitary quality required by the official entity. The official entity may deny the registration and marketing authorization in case the information provided by the registering company is insufficient nor does it show safety, quality, and efficacy of the drug (Iragiien *et al.* 2007).

The legal framework for the control of medicines and related activities are difficult to study, due to the considerable volume that the legislation has reached. The constant changes driven by science, technology and economic interests have given rise to laws and decrees. In many countries, the legislation is little known among the legal sector, even in those who apply the law and without a doubt in the general population that does not even participate in the elaboration of the norms although affects their interests (Pan American Health Organization [PAHO] 2004).

When this research was developed, the registration of veterinary drugs and related products in Guatemala was ruled by the regulations of the Central American Technical Regulations (RTCA, according to its initials in Spanish), version 65.05.51:08. The purpose of this regulation is to establish the provisions for the sanitary registration and control of medicines for veterinary use, including antibiotics. This document serves as a reference to rule on whether the production, importation and marketing of veterinary medicines and related products proceeds. The implementation of the RTCA dates to 2012 and since then, there is no information to determine which medicines are manufactured and/or enter the country, as well as their origin.

This article aims to obtain an overview of the use of veterinary antibiotics in Guatemala through the quantification, identification, and interpretation by Principal Component Analysis of antibiotics that are manufactured and imported to the country, as well as target species, and routes of administration used for each of the identified molecules and provide tools for the official control of this drugs.

METHODOLOGY

This is a descriptive study on veterinary products containing antibiotics as an active ingredient registered in the Department of Registration of Supplies for Use in Animals (Dripua, according to its initials in Spanish), of the Vice Ministry of Agricultural Health and Regulations (Visar, according to its initials in Spanish). The information used was obtained through Decree 57-2008, Law of Access to Public Information in resolution UIP-215-2021 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food. At the time of conducting this study, Dripua

database had 9,841 current registrations, of which only 1,365 have an antibiotic as an active ingredient, including medicines and products used in animal feed. The selection of products used in this study was based on the following criteria: 1. Contains at least one antibiotic as an active ingredient, 2. Health registration with an expiration date from January 1st, 2021, or later, 3. In case of imported products, at least one import registration in the last five years, and 4. For preparation of Principal Component Analysis (PCA), only those molecules that had at least forty registered products were considered.

Derived from the delimitation of sanitary registrations, the countries of origin, the registered molecules (including combinations), routes of administration and the target species of antibiotics in Guatemala were identified. Data mining, PCA and graphics were developed using R software [v.4.1.0] (R Core Team 2021) with “forcats” [v.0.5.1] (Wickham 2021), “ggplo” [v.3.3.3] (Wickham 2016), “tidyverse” [v.1.3.1] (Wickham et al. 2019) and “reshape2” [v.1.4.4] (Wickham 2007) packages.

RESULTS AND DISCUSSION

According to the data analysis carried out, until April 2021 Dripua had 1,365 registrations of veterinary medicines and products used in animal feed that contained at least one antibiotic as an active ingredient, which came from 23 countries (table 1). In Guatemala, the largest number of registered antibiotics is from the country itself with 37.95% (518 registrations), followed by Mexico with 26.59% (363 registrations), Colombia with 9.01% (123 registrations), and Argentina with 4.91% (67 registrations).

TABLE 1. Registered products by country with at least one antibiotic

Country	Quantity of registered products	Percentage	Country	Quantity of registered products	Percentage
Guatemala	518	37.95	France	11	0.81
Mexico	363	26.59	Uruguay	8	0.59
Colombia	123	9.01	Vietnam	7	0.51
Argentina	67	4.91	Germany	6	0.44
El Salvador	50	3.66	Netherlands	5	0.37
Peru	46	3.37	England	5	0.37
Paraguay	42	3.08	Ireland	4	0.29
Costa Rica	21	1.54	Italy	4	0.29
Spain	17	1.25	Chile	3	0.22
Ecuador	14	1.03	Nicaragua	2	0.15
Brazil	12	0.88	Belgium	1	0.07
United States	12	0.88	Canada	1	0.07
Bulgaria	11	0.81	India	1	0.07
China	11	0.81	TOTAL	1,365	100.00

Source: own elaboration.

At the time of this study, 141 registered antibiotic molecules or their combinations were found (table 2). The ten molecules with the highest number of registrations are enrofloxacin with 140 (10.26%), followed by oxytetracycline with 123 (9.01%), bacitracin with 92 (6.74%),

monensin with 71 (5.20%), sulfa in combination with trimethoprim 61 (4.47%), streptomycin in combination with penicillin 46 (3.37%), florfenicol 43 (3.15%), gentamicin 43 (3.15%), amoxicillin 40 (2.93%) and ceftiofur with 40 registrations (2.93%).

TABLE 2. Quantity of registrations by active principle

Active principle	Quantity of registered products	Percentage	Active principle	Quantity of registered products	Percentage
Enrofloxacin	140	10.26	Lincomycin	12	0.88
Oxitetracycline	123	9.01	Azithromycin	11	0.81
Bacitracin	92	6.74	Bacitracin + lasalocid	11	0.81
Monensin	71	5.20	Bacitracin + maduramicin	10	0.73
Sulfa+Trimethoprim	61	4.47	Spiramycin	8	0.59
Streptomycin + Penicillin	46	3.37	Gentamicin + tylosin	8	0.59
Florfenicol	43	3.15	Lasalocid	8	0.59
Gentamicin	43	3.15	Salinomycin + virginiamycin	8	0.59
Amoxicillin	40	2.93	Enramycin	7	0.51
Ceftiofur	40	2.93	Amoxicillin + clavulanic	7	0.51
Bacitracin + salinomycin	37	2.71	Maduramicin	7	0.51
Doxycycline	31	2.27	Ampicillin + cloxacillin	6	0.44
Tylosin	29	2.12	Avilamycin + bacitracin + virginiamycin	6	0.44
Neomycin	26	1.90	Chlortetracycline	6	0.44
Chlortetracycline + tiamulin	25	1.83	Cloxacillin	6	0.44
Virginiamycin	25	1.83	Colistin	6	0.44
Salinomycin	23	1.68	Florfenicol+tylosin	6	0.44
Cefalexin	22	1.61	Metronidazole	6	0.44
Penicillin	20	1.47	Norfloxacina	6	0.44
Sulfa	20	1.47	Sulfa+tylosin + trimethoprim	6	0.44
Tiamulin	20	1.47	Spectinomycin + lincomycin	5	0.37
Monensin + virginiamycin	15	1.10			
Tilmicosin	15	1.10			
Ciprofloxacin	12	0.88			
Fosfomicin	12	0.88			

Active principle	Quantity of registered products	Percentage	Active principle	Quantity of registered products	Percentage
Spiramycin +neomycin	5	0.37	Enrofloxacin +trimethoprim	3	0.22
Sulfa +tylosin	5	0.37	Erythromycin	3	0.22
Bacitracin +monensin +virginiamycin	4	0.29	Streptomycin +dicloxacillin +penicillin	3	0.22
Cefalexin +gentamicin	4	0.29	Fosfomicin +trimethoprim	3	0.22
Spiramycin +metronidazole	4	0.29	Gentamicin +sulfa +trimethoprim	3	0.22
Fosfomicin +gentamicin +tylosin	4	0.29	Levofloxacin	3	0.22
Neomycin +sulfa	4	0.29	Lincomycin +neomycin	3	0.22
Ofloxacin	4	0.29	Neomycin +oxitettraciclyne	3	0.22
Salinomycin +tylosin	4	0.29	Semduramicin	3	0.22
Ampicillin	3	0.22	Tylvalosin	3	0.22
Avilamycin +bacitracin +lasalocid +maduramicin +virginiamycin	3	0.22	Trobamycin	3	0.22
Bacitracin +monensin +semduramicin +virginiamycin	3	0.22	Doxycycline +tylosin	3	0.22
Cefalexin +neomycin	3	0.22	Amoxicillin +gentamicin	2	0.15
Cefoperazone	3	0.22	Avilamycin	2	0.15
Clindamycin	3	0.22	Avilamycin +salinomycin	2	0.15
Dimetridazol +sulfa	3	0.22	Bacitracin +monensin	2	0.15
Enrofloxacin +tylosin	3	0.22	Cefadroxil	2	0.15
			Cefapirin	2	0.15
			Cefquinome	2	0.15
			Chlortetracycline +tiamulin +tilmicosin	2	0.15

Active principle	Quantity of registered products	Percentage	Active principle	Quantity of registered products	Percentage
Cloxacillin +streptomycin	2	0.15	Cefalonium	1	0.07
Erythromycin +fosfomicin	2	0.15	Cefovecin	1	0.07
Florfenicol +lincomycin	2	0.15	Ciprofloxacin +fosfomicin	1	0.07
Marbofloxacin	2	0.15	Ciprofloxacin +metronidazole	1	0.07
Neomycin +sulfa +trimethoprim	2	0.15	Ciprofloxacin +oxitetracycline	1	0.07
Salinomycin +semduramicin	2	0.15	Ciprofloxacin +oxitetracycline +tylosin	1	0.07
Tetracycline	2	0.15	Ciprofloxacin +tylosin	1	0.07
Amoxicillin +ciprofloxacin	1	0.07	Chlortetracycline +tylvalosin	1	0.07
Amoxicillin +enrofloxacin	1	0.07	Chlortetracycline +lincomycin	1	0.07
Ampicillin +cloxacillin +streptomycin	1	0.07	Cloxaciclina +penicillin	1	0.07
Avilamycin +lasalocid	1	0.07	Danofloxacin	1	0.07
Avilamycin +monensin	1	0.07	Dicloxacillin +ampicillin	1	0.07
Avilamycin +narasin	1	0.07	Doxycycline +florfenicol	1	0.07
Avilamycin +tilmicosin	1	0.07	Doxycycline +sulfa	1	0.07
Bacitracin +neomycin +tetracycline	1	0.07	Enrofloxacin +metronidazole	1	0.07
Bacitracin +tetracycline	1	0.07	Enrofloxacin +tylosin +trimethoprim	1	0.07
Bacitracin +virginiamycin	1	0.07	Erythromycin +oxitetracycline	1	0.07
Cefalexin +ceftiofur	1	0.07	Streptomycin	1	0.07
			Streptomycin +gentamicin +tylosin	1	0.07

Active principle	Quantity of registered products	Percentage	Active principle	Quantity of registered products	Percentage
Florfenicol +tilmicosin	1	0.07	Norfloxacin +tylosin	1	0.07
Fosfomycin +tylosin	1	0.07	Orbifloxacin	1	0.07
Gamithromycin	1	0.07	Oxitettraciclyne +sulfa	1	0.07
Gentamicin +norfloxacin	1	0.07	+trimethoprim		
Gentamicin +oxitettraciclyne	1	0.07	Oxitettraciclyne +tylosin	1	0.07
Gentamicin +toltrazuril	1	0.07	Penicillin +neomycin	1	0.07
Kanamycin	1	0.07	Robenidine	1	0.07
Kanamycin +penicillin	1	0.07	Tiamulin +chlortetracycline	1	0.07
Lincomycin +oxitettraciclyne	1	0.07	Thiamphenicol	1	0.07
+tiamulin			Trimethoprim	1	0.07
Neomycin +lincomycin	1	0.07	Tulathromycin	1	0.07
			Total	1,365	100.00

Source: own elaboration.

In relation to the target species, it is important to notice that different products are intended for multiple species and routes of administration, resulting in 3,802 data related to form of use of each of the antibiotics, which served as a reference

for the rest of the analysis (table 3). The largest amount of antibiotics is intended for pigs with 752 data (19.78%), followed by cattle with 705 data (18.54%), and poultry with 676 data (17.78%).

TABLE 3. Quantity of molecules registered by species

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Amoxicillin	16	0	16	1	13	0	5	1	8	30	13	0	0	0	0	103	2.71
Amoxicillin +ciprofloxacin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Amoxicillin +clavulanic	0	0	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.32
Amoxicillin +enrofloxacin	2	0	2	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	10	0.26
Amoxicillin +gentamicin	2	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	7	0.18
Ampicillin	2	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	9	0.24
Ampicillin +cloxacillin	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16
Ampicillin +cloxacillin +streptomycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	0.08
Avilamycin +bacitracin +lasalocid +maduramicin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Avilamycin +bacitracin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	6	0.16
Avilamycin +lasalocid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +monensin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +narasin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +salinomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Avilamycin +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03
Azithromycin	0	0	9	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	16	0.42
Bacitracin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	74	0	0	0	0	94	2.47
Bacitracin +lasalocid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	0.29
Bacitracin +maduramicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0.26
Bacitracin +monensin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Bacitracin +monensin +semduramicin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Bacitracin +monensin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Bacitracin +neomycin +tetracycline	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Bacitracin +salinomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	37	0.97
Bacitracin +tetracycline	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Bacitracin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Cefadroxil	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.11
Cefalexin	5	0	21	0	19	0	1	0	3	4	0	0	0	0	0	53	1.39
Cefalexin +ceftiofur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cefalexin +gentamicin	5	2	2	3	2	0	4	0	4	3	0	2	0	0	0	27	0.71
Cefalexin +neomycin	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Cefalonium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cefapirin	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Cefoperazone	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Cefovecin	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Cefquinome	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.08
Ceftiofur	52	0	9	18	2	0	7	0	5	43	8	0	0	0	0	144	3.79
Ciprofloxacin	1	0	8	0	7	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	21	0.55
Ciprofloxacin +fosfomicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +metronidazole	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +oxitetracycline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +oxitetracycline +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Clindamycin	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Chlortetracycline	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	16	0.42
Chlortetracycline +tylvalosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Chlortetracycline +lincomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Chlortetracycline +tiamulin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	5	0	0	0	0	30	0.79
Chlortetracycline +tiamulin +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0.05
Cloxaciclina +penicillin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cloxacillin	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16
Cloxacillin +streptomycin	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Colistin	3	1	0	0	0	0	1	0	1	4	6	0	0	0	0	16	0.42
Danofloxacin	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Dicloxacillin +ampicillin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Dimetridazol +sulfa	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Doxycycline	5	0	19	0	14	0	1	0	1	10	10	0	0	0	0	60	1.58
Doxycycline +florfenicol	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0.11
Doxycycline +sulfa	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0.08
Doxycycline +tylosin	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	0	0	0	9	0.24
Enramycin	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	10	0.26
Enrofloxacin	80	1	75	15	54	1	28	2	32	82	76	7	0	0	0	453	11.91
Enrofloxacin +metronidazole	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Enrofloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	5	0.13
Enrofloxacin +tylosin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Enrofloxacin +trimethoprim	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	5	0.13
Erythromycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Erythromycin +fosfomicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Erythromycin +oxitetracycline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Florfenicol	20	0	3	1	1	0	4	0	7	40	25	0	0	1	0	102	2.68
Florfenicol +lincomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4	0.11
Florfenicol +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03
Florfenicol +tylosin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	12	0.32
Fosfomycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11	0	0	0	0	20	0.53
Fosfomycin +gentamicin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0.11
Fosfomycin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	7	0.18
Fosfomycin +trimethoprim	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	7	0.18
Gamithromycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.05
Gentamicin	27	0	39	18	34	0	13	0	14	19	2	0	0	0	0	166	4.37
Gentamicin +norfloxacin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Gentamicin +oxitetracycline	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	6	0.16
Gentamicin +sulfa +trimethoprim	3	0	2	2	1	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	14	0.37
Gentamicin +tylosin	8	1	3	1	2	0	6	0	6	7	7	0	0	0	0	41	1.08
Gentamicin +toltrazuril	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.05
Kanamycin	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	8	0.21
Kanamycin +penicillin	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0.08
Lasalocid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	8	0.21
Levofloxacin	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Lincomycin	4	0	5	2	5	0	0	0	1	11	8	0	0	0	0	36	0.95
Lincomycin +neomycin	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Lincomycin +oxitetracycline +tiamulin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03
Maduramicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0.18
Marbofloxacin	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.11
Metronidazole	0	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.26

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Monensin	62	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	73	1.92
Monensin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0.39
Neomycin	16	0	21	13	21	0	8	0	10	13	7	0	0	0	0	109	2.87
Neomycin +lincomycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Neomycin +oxitetracycline	3	0	0	1	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	10	0.26
Neomycin +sulfa	2	0	3	3	3	0	2	0	1	3	1	0	0	0	0	18	0.47
Neomycin +sulfa +trimethoprim	2	0	2	1	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	11	0.29
Norfloxacin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	9	0.24
Norfloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Ofloxacin	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.24
Orbifloxacin	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Oxitetracycline	146	2	54	81	43	0	89	0	103	132	77	8	2	1	0	738	19.41
Oxitetracycline +sulfa +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Oxitetracycline +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Penicillin	20	0	9	15	6	0	9	0	12	14	1	0	0	0	0	86	2.26
Penicillin +neomycin	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Robenidine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Salinomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22	0	0	0	0	23	0.60
Salinomycin +semduramicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Salinomycin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Salinomycin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0.21
Semduramicin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Spectinomycin +lincomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	6	0.16
Spiramycin	11	0	7	0	0	0	4	0	10	10	7	0	0	0	0	49	1.29
Spiramycin +metronidazole	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Σ	%
Spiramycin +neomycin	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.13
Streptomycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Streptomycin +dicloxacillin +penicillin	3	0	3	3	3	0	3	0	3	3	1	0	0	0	0	22	0.58
Streptomycin +gentamicin +tylosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.05
Streptomycin +penicillin	48	0	33	39	21	0	30	0	35	39	0	0	0	0	0	245	6.44
Sulfa	15	0	9	10	7	0	8	0	11	14	10	0	0	0	1	85	2.24
Sulfa+tylosin	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	8	0.21
Sulfa +tylosin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	7	0.18
Sulfa +trimethoprim	56	2	40	40	26	0	34	0	34	55	36	0	0	0	0	323	8.50
Tetracycline	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Tiamulin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	11	2	0	0	0	33	0.87
Tiamulin +chlortetracycline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03
Thiamphenicol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Tilmicosin	7	0	0	0	0	0	1	0	2	10	6	0	0	0	0	26	0.68
Tylosin	13	0	0	0	0	0	4	0	4	29	19	0	0	0	0	69	1.81
Tylvalosin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	6	0.16
Trobamycin	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16
Trimethoprim	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	0.13
Tulathromycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.05
Virginiamycin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	14	0	0	0	0	26	0.68
Σ	705	11	441	275	323	1	270	3	320	752	676	20	2	2	1	3,802	100.00
%	18.54	0.29	11.60	7.23	8.50	0.03	7.10	0.08	8.42	19.78	17.78	0.53	0.05	0.05	0.03	100.00	

Note: letters in first row refer to A: bovine, B: camelid, C: canine, D: equine, E: feline, F: ferret, G: goat, H: ornamental bird, I: ovine, J: porcine, K: poultry, L: rabbit, M: shrimp, N: tilapia, O: turtle.

Source: own elaboration.

Regarding the route of administration with the highest number of data (table 4), the oral route stands out with 1,485 (39.06%), intramuscular with 1,373 (36.11%), and subcutaneous with 402 (10.57%).

TABLE 4. Quantity of molecules registered by route of administration

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Amoxicillin	1	27	0	0	0	0	64	0	11	0	0	103	2.71
Amoxicillin +ciprofloxacin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Amoxicillin +clavulanic	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12	0.32
Amoxicillin +enrofloxacin	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	10	0.26
Amoxicillin +gentamicin	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.18
Ampicillin	1	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	9	0.24
Ampicillin +cloxacillin	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16
Ampicillin +cloxacillin +streptomycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Avilamycin +bacitracin +lasalocid +maduramicin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Avilamycin +bacitracin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0.16
Avilamycin +lasalocid	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +monensin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +narasin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Avilamycin +salinomycin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Avilamycin +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Azithromycin	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0.42
Bacitracin	0	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	94	2.47

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Bacitracin +lasalocid	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	0.29
Bacitracin +maduramicin	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0.26
Bacitracin +monensin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Bacitracin +monensin +semduramicin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Bacitracin +monensin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Bacitracin +neomycin +tetracycline	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Bacitracin +salinomycin	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	37	0.97
Bacitracin +tetracycline	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Bacitracin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Cefadroxil	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Cefalexin	1	15	0	0	0	0	32	0	5	0	0	53	1.39
Cefalexin +ceftiofur	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cefalexin +gentamicin	9	0	0	0	0	0	0	9	0	9	0	27	0.71
Cefalexin +neomycin	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3	0.08
Cefalonium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cefapirin	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Cefoperazone	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Cefovecin	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.05
Cefquinome	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Ceftiofur	6	89	0	1	2	0	1	0	45	0	0	144	3.79
Ciprofloxacin	0	1	0	0	0	0	11	4	0	5	0	21	0.55
Ciprofloxacin +fosfomycin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Ciprofloxacin +metronidazole	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +oxitetracycline	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +oxitetracycline +tylosin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Ciprofloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Clindamycin	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0.16
Chlortetracycline	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0.42
Chlortetracycline +tylvalosin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Chlortetracycline +lincomycin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Chlortetracycline +tiamulin	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	0.79
Chlortetracycline +tiamulin +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Cloxaciclina +penicillin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Cloxacillin	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.16
Cloxacillin +streptomycin	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Colistin	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0.42
Danofloxacin	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Dicloxacillin +ampicillin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Dimetridazol +sulfa	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Doxycycline	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	60	1.58
Doxycycline +florfenicol	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.11
Doxycycline +sulfa	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Doxycycline +tylosin	0	5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	9	0.24

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Enramycin	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0.26
Enrofloxacin	0	156	0	7	33	0	186	2	69	0	0	453	11.91
Enrofloxacin +metronidazole	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Enrofloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0.13
Enrofloxacin +tylosin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Enrofloxacin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0.13
Erythromycin	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Erythromycin +fosfomicin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Erythromycin +oxitetracycline	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Florfenicol	0	30	0	0	0	0	55	0	13	4	0	102	2.68
Florfenicol +lincomycin	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Florfenicol +tilmicosin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Florfenicol +tylosin	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12	0.32
Fosfomicin	0	1	0	0	0	0	19	0	0	0	0	20	0.53
Fosfomicin +gentamicin +tylosin	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0.11
Fosfomicin +tylosin	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0.18
Fosfomicin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0.18
Gamithromycin	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.05
Gentamicin	2	41	0	4	11	23	6	12	10	57	0	166	4.37
Gentamicin +norfloxacin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Gentamicin +oxitetracycline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0.16

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Gentamicin +sulfa +trimethoprim	0	9	0	0	0	0	5	0	0	0	0	14	0.37
Gentamicin +tylosin	0	39	0	0	0	0	1	0	1	0	0	41	1.08
Gentamicin +toltrazuril	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Kanamycin	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.21
Kanamycin +penicillin	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Lasalocid	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0.21
Levofloxacin	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0.08
Lincomycin	0	12	0	0	7	0	17	0	0	0	0	36	0.95
Lincomycin +neomycin	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Lincomycin +oxitettracycline +tiamulin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Maduramicin	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0.18
Marbofloxacin	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Metronidazole	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0.26
Monensin	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	73	1.92
Monensin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0.39
Neomycin	3	7	0	0	0	7	30	7	0	55	0	109	2.87
Neomycin +lincomycin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Neomycin +oxitettracycline	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0.26
Neomycin +sulfa	0	0	0	0	0	0	15	0	0	3	0	18	0.47
Neomycin +sulfa +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	0.29
Norfloxacin	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	0.24
Norfloxacin +tylosin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Ofloxacin	0	0	0	0	0	5	0	1	0	3	0	9	0.24
Orbifloxacin	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03
Oxitetracycline	5	371	7	16	65	0	101	0	144	29	0	738	19.41
Oxitetracycline +sulfa +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Oxitetracycline +tylosin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Penicillin	0	79	0	0	0	0	0	0	7	0	0	86	2.26
Penicillin +neomycin	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.08
Robenidine	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Salinomycin	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	23	0.60
Salinomycin +semduramicin	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.05
Salinomycin +tylosin	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0.11
Salinomycin +virginiamycin	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0.21
Semduramicin	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0.08
Spectinomycin +lincomycin	0	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	0.16
Spiramycin	1	32	0	0	0	0	0	0	16	0	0	49	1.29
Spiramycin +metronidazole	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0.16
Spiramycin +neomycin	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.13
Streptomycin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Streptomycin +dicloxacillin +penicillin	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.58
Streptomycin +gentamicin +tylosin	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Streptomycin +penicillin	1	220	0	0	6	0	0	0	18	0	0	245	6.44
Sulfa	0	23	0	0	13	0	44	0	5	0	0	85	2.24
Sulfa +tylosin	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0.21

Active principle	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Σ	%
Sulfa +tylosin +trimethoprim	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7	0.18
Sulfa +trimethoprim	0	126	0	4	37	0	113	0	37	0	6	323	8.50
Tetraciclyne	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05
Tiamulin	0	3	0	0	0	0	30	0	0	0	0	33	0.87
Tiamulin +chlortetracycline	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Thiamphenicol	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
Tilmicosin	0	1	0	0	0	0	21	0	4	0	0	26	0.68
Tylosin	0	21	0	0	0	0	44	0	4	0	0	69	1.81
Tylvalosin	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0.16
Trobamycin	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	6	0.16
Trimethoprim	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0.13
Tulathromycin	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.05
Virginiamycin	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	26	0.68
Σ	68	1,373	7	36	175	39	1,485	36	402	175	6	3,802	100.00
%	1.79	36.11	0.18	0.95	4.60	1.03	39.06	0.95	10.57	4.60	0.16	100.00	

Note: letters in first row refer to A: intramammary, B: intramuscular, C: intraperitoneal, D: intrauterine, E: intravenous, F: ophthalmic, G: oral, H: otical, I: subcutaneous, J: topical, K: vaginal.

Source: own elaboration.

According to the results obtained (figure 1), it is observed that horses, sheep, and goats are found in a set of species that use certain antibiotics in common, the most evident being streptomycin in combination with penicillin and oxytetracycline. In the case of canines and felines, they share the use of oxytetracycline and gentamicin. Regarding poultry, the majority use of enrofloxacin and bacitracin is evident.

Concerning the indications for use according to molecule and target species, enrofloxacin has drug registrations for a wide variety of species, except camelids, shrimp, and tilapia. The pig industry is the one with the largest number of products registered

with enrofloxacin as an active ingredient (82), followed by cattle (80) and poultry (76). In relation to the route of administration, both pig and cattle industry use enrofloxacin intramuscularly to a greater degree (35 and 37 registrations, respectively), but this does not apply in poultry industry, in which the oral route is preferred (66 registrations) for the administration of this antibiotic. Through PCA, it was determined that the use of enrofloxacin is grouped into two components, the first being specific for the oral route of administration, which is used to a greater extent by poultry, canine, and feline. On the other hand, the second component details the use of this molecule

Florfenicol is approved for pigs (40), poultry (32), cattle (13), sheep (7), sheep (4), dogs (3), while horses, cats and tilapia only have one registration. Oral route mainly for pigs (26), poultry (25), and tilapia (1). Intramuscular route for the rest of the species, except canines (in which topical route. Florfenicol is used in oral route for poultry and intramuscular route for pig and bovine industry (figure 2).

Gentamicin registrations were found in dogs (39), cats (34), cattle (27), pigs (19), horses (18), sheep (14), goats (13), and poultry (2). The topical route is use in canines (16), felines (15), and horses (6); the intramuscular route in cattle (9) and pigs (7). Sheep and goats describe this molecule in equal amounts (5) of topical and intramuscular routes. Use of ophthalmic, and otical application of gentamicin stands out for canines and felines. Intravenous and intramuscular routes are mainly used for pigs (figure 3).

According to the data collected, the species with approved registrations for the use of amoxicillin are described as follows: pigs (30), cattle (16), canines (16), cats (13), poultry (13), sheep (8), goats (5), horses (1), and ornamental birds (1). In the case of pigs, cattle, dogs, cats, poultry, and ornamental

birds, the oral route of administration is mainly described with 22, 7, 11, 8, 13, and 1 registration respectively. Sheep (5), goats (3), and horses (1) describe a greater degree the use by intramuscular route. On the other hand, use of amoxicillin according to the PCA, stands out mainly oral in the case of poultry, while the subcutaneous and intramuscular route is used mainly in felines, goats, cattle, and sheep (figure 3).

Finally, the use of ceftiofur is detailed for cattle (52), pigs (43), horses (18), dogs (9), poultry (8), goats (7), sheep (5), and cats (2). According to the PCA, ceftiofur stands out mainly in pigs, goats, and cattle. In the case of pigs, the subcutaneous and intramuscular routes of administration are mainly used. The use of this molecule in the case of goats and cattle is subcutaneous, intramuscular and intramammary (figure 3).

According to Carrillo *et al.* (2011), Mexico is the main exporter of pharmaceutical products to Guatemala, which is consistent with the findings made in this study, where that country has a quarter of the registered products for veterinary use that have at least one antibiotic as an active ingredient.

In relation to the species with the greatest number of data obtained, depending

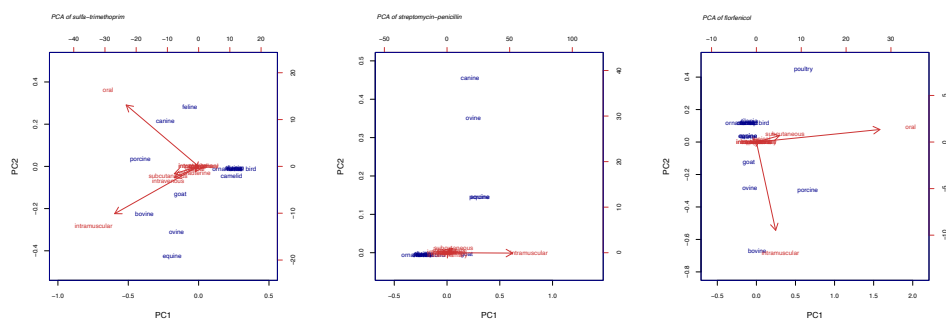


FIGURE 2. PCA of sulfa-trimethoprim, streptomycin-penicillin, and florfenicol.

Source: own elaboration.

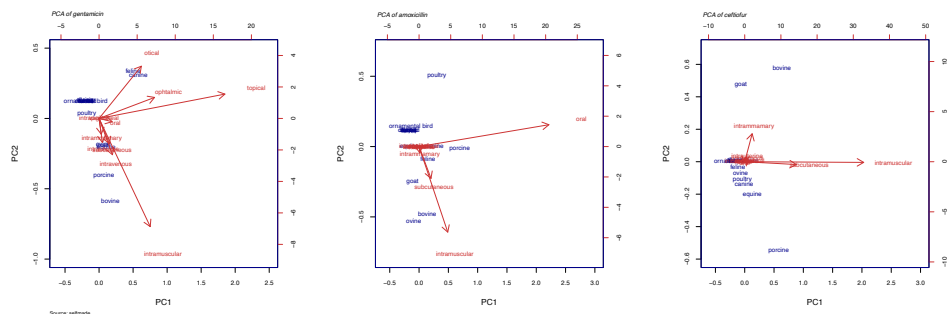


FIGURE 3. PCA of gentamicin, amoxicillin, and ceftiofur.

Source: own elaboration.

on the type of molecule and route of administration, pigs, cattle, and poultry stand out in order of relevance, grouping together 56.1% of values obtained (2,133 of 3,802). This set of data is consistent with the only document referring to the agricultural census carried out by the National Institute of Statistics (INE, according to its initials in Spanish) in Guatemala, which dates from 2005 and describes for that year the largest number of heads of pigs: 862,932, cattle: 1,775,831 and poultry: 29,711,335.

According to the results obtained, the molecules that stand out based on the total number of registrations are enrofloxacin and oxytetracycline. In the case of the first, the species that accumulate the largest number of registrations include that produce food such as: pigs, cattle, and poultry. In relation to oxytetracycline, the registrations stand out for being used in cattle and pigs.

In Guatemalan context, this is the first article that fully describes the registered veterinary products that contain antibiotics, the target species and the routes of administration used. In addition to this, the limited information related to antimicrobial resistance related to

products derived from animals in Guatemala (O'Neal *et al.* 2020) makes it difficult to obtain a situational diagnosis of registered molecules and reported resistance. For example, Jarquin *et al.* (2015) point out that more than half of chicken carcasses analyzed showed resistance to enrofloxacin, this being the molecule with the highest number of approved registrations in the country. Likewise, Canet-Elgueta *et al.* (2018) detail quinolone residues in 5% of samples of beef sold in municipal markets in Guatemala City.

Regarding species destined for aquaculture, the work carried out by García-Pérez *et al.* (2021) evaluated the resistance of bacteria towards oxytetracycline, fosfomicin, florfenicol, and enrofloxacin in ten tilapia production centers in six departments of the country. This work is interesting because it determined the presence of bacteria resistant to oxytetracycline and fosfomicin, where the second one is not registered for use in tilapia. The authors did not address the probable cause for the presence of fosfomicin residues in the production sites.

Likewise, Guerra-Centeno *et al.* (2020) found *Salmonella* in turtles of the genus

Trachemys resistant to amikacin, gentamicin, penicillin, and amoxicillin/clavulanic acid. It is important to point out that the only antibiotic registered for use in turtles in Guatemala is sulfa. In the case of amikacin, it is not registered for any species, so the assumption of the authors about strains of *Salmonella* resistant to different antibiotics imported by turtles from the United States is probable.

CONCLUSION

Guatemala has registered 33 of the 65 antibiotics (or their combinations) considered by the WOA (2021) as critically important antimicrobial agents, so it is necessary to adopt an integrated approach at national levels; multidisciplinary sectors should participate to protect the health of humans, animals, and environment.

DISCLOSURE OF STATEMENT

We confirm that there are no relevant financial or non-financial competing interests to report.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE STATEMENT

No artificial intelligence was used in this study.

FUNDING

This research work had no funding sources.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Dripua for providing us with the information required for the development of this research.

REFERENCES

- Canet–Elgueta MJ, Dávila A, Hernández R & Lepe López M. 2018. Detección de residuos de quinolonas en carne bovina de venta en los mercados municipales de la Ciudad de Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 5(2):189-195. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v5i2.472>
- Carrillo Ovando RS, Peña Favara JE, Calderón Flores V & Luis Morales A. 2011. Medicamentos genéricos a Guatemala, Guatemala. Universidad Veracruzana. Available in: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/38122/carrilloovando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Food and Nutrition Security Foundation. 2016. Plan de Acción de la FAO sobre la resistencia a los antimicrobianos (RAM) 2016-2020. [PDF file]. Available in: <https://www.fao.org/3/i5996s/i5996s.pdf>
- García–Pérez J, Ulloa–Rojas JB & Mendoza–Elvira SE. 2021. Patógenos bacterianos y su resistencia a los antimicrobianos en los cultivos de tilapia en Guatemala. *Uniciencia*. 35(2):2. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.35-2.4>
- Gimeno E. 2003. La organización de los servicios veterinarios en Latinoamérica y su evolución. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*. 22(2):449-461. <http://dx.doi.org/10.20506/rst.22.2.1404>
- Guerra–Centeno DS, Borrayo–Godínez J, Valdez–Sandoval C, Lepe–López M, Villatoro F, Escobar J, Díaz–Rodríguez M & Ríos L. 2020. Antibiotic-Resistant Salmonella, isolated from cloacal swab samples from turtles in Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 7(2):196-204. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v7i2.835>
- Instituto Nacional de Estadística. 2005. IV Censo Nacional Agropecuario. Número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor(a) agropecuario. Tomo IV. [PDF file]. Available in: <https://www.inec.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/08ukgdX-vK57c7E7MbAeZ4e4YiFbBeBSL.pdf>
- Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 2010. Consulta de necesidades de capacitación en el sector agropecuario. Available in: <https://docplayer.es/11657431-Consulta-de-necesidades-de-capacitacion-en-el-sector-pecuario-guatemalteco-indice.html>

- Iragiien D, Urcelay S & San Martin B. 2007. Farmacovigilancia en medicina veterinaria: una perspectiva desde el punto de vista internacional y situación actual en Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria.*, 39 39(3):195-206. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2007000300002>
- Jarquín C, Álvarez D, Morales O, Morales AJ, López B, Donado P, Valencia ME, Arévalo A, Muñoz F, Walls I, Doyle MP & Alali WQ. 2015. Salmonella on raw poultry in retail markets in Guatemala: Levels, antibiotic susceptibility, and serovar distribution. *Journal of Food Protection.* 78(9):1642-1650. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-117>
- Moreno-Brid JC, Pérez E. 2003. Liberalización comercial y crecimiento económico en Centroamérica. *Revista de la Cepal.* 81:157-174. [PDF file]. Available in: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10923/1/081157174_es.pdf
- O'Neal L, Álvarez D, Mendizábal-Cabrera R, Ramay BM & Graham J. 2020. Community-acquired antimicrobial resistant Enterobacteriaceae in Central America: a one health systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 17(20):7622. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207622>
- Organización Panamericana de la Salud. 2004. Legislación sobre antibióticos en América Latina. Available in: <https://www.paho.org/es/documentos/legislacion-sobre-antibioticos-america-latina-2004>
- Plazas Peralta GS. 2006. Cómo hacer negocios en Guatemala: un mercado por explorar. Cámara de Comercio de Bogotá. [PDF file]. Available in: https://acceso.prochile.cl/wp-content/uploads/2018/07/como_hacer_negocios_guatemala_2018.pdf
- R Core Team. 2021. R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Available in: <https://www.r-project.org/>
- Vallat B. 2010. Medicamentos y vacunas de uso veterinario: herramientas ineludibles de una política eficaz de sanidad y bienestar animal. Organización Mundial de Sanidad Animal. Available in: <https://www.oie.int/es/para-los-periodistas/editoriales/detalle/articulo/veterinary-medicinal-products-and-vaccines-indispensable-tools-for-any-effective-animal-health-and/>
- Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, D'Agostino L, Francois R, Grolemond G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Lin T, Miller E, Milton S, Müller K, Ooms J, Robinson D, Seidel DP, Spinu V & Yutani H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open-Source Software.* 4(43):1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Wickham H. 2007. Reshaping data with the reshape package. *Journal of Statistical Software.* 21(12):1-20. <https://doi.org/10.18637/jss.v021.i12>
- Wickham H. 2016. ggplot: Elegant Graphics for Data Analysis. Available in: <https://ggplot2-book.org/>
- Wickham H. 2021. Forcats: Tools for Working with Categorical Variables (Factors). R package version 0.5.1. Available in : <https://cran.r-project.org/web/packages/forcats/index.html>
- World Organization for Animal Health (WOAH). 2017. Código Sanitario para los Animales Terrestres: Introducción a las recomendaciones para controlar la resistencia a los agentes antimicrobianos. Available in: <https://www.woah.org/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/acceso-en-linea-al-codigo-terrestre/>
- World Organization for Animal Health. 2021. OIE List of Antimicrobial Agents of Veterinary Importance. [PDF file]. Available in: <https://www.oie.int/app/uploads/2021/06/a-oie-list-antimicrobials-june2021.pdf>

Forma de citación del artículo:

Medina-Arellano, D., Chang, D.E., Mejía-Recinos, D., Arango-Gramajo, A., Cuetto, L., Martínez-Ocampo, J. y Steffes, N. (2023). Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala. *Rev Med Vet Zoot.* 70(3): e107955. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107955>

Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos

D. A. Abril-Herrera^{1*} , J. R. Mora-Delgado²  y G. L. Martínez-Restrepo² 

Recibido: 27/11/2022. Aprobado: 23/03/2023

RESUMEN

Las diferentes prácticas agropecuarias sobre el suelo afectan la capacidad de captura y almacenamiento de carbono orgánico (CO), provocando emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que influyen en el cambio climático. El objetivo de esta investigación fue evaluar el almacenamiento de carbono en suelos de 16 sistemas ganaderos del municipio de Guatavita, departamento de Cundinamarca, Colombia. Se definieron cuatro grupos: 1. Sistemas de Producción con Tecnología Moderna (SPTM), 2. Sistemas de Mediana Productividad (SPMP), 3. Sistemas Tradicionales (SPT) y 4. Sistemas Ecoamigables (SPEA), de acuerdo con el tipo de oferta ambiental y las tecnologías utilizadas en mencionados sistemas. Se determinó el almacenamiento de carbono mediante cálculo de porcentaje de carbono orgánico (% CO) utilizando el método Walkley & Black, densidad aparente (DA) a través de terrón paraafinado y profundidad de muestra del suelo tomada con barreno helicoidal. Los resultados mostraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) para las variables % CO y DA entre algunos grupos, pero no para almacenamiento de carbono. Se encontró que el grupo 4 presentó un almacenamiento de 179,18 toneladas de carbono/hectárea (tC/ha); seguido del grupo 2, con 170,48 tC/ha; grupo 1, con 137 tC/ha; y grupo 3, con 135,07 tC/ha. Los valores de DA de todos los sistemas oscilaron entre medios y altos; a pesar de esta condición, y su relación con el contenido de CO, se concluye que los sistemas ganaderos de Guatavita son amplios fijadores de carbono atmosférico en los suelos y contribuyen a mitigar los efectos nocivos causantes del cambio climático global.

Palabras clave: ganadería, cambio climático, almacenamiento, gases efecto invernadero.

Carbon storage in soils used for pasture in high-andean dairy production systems

ABSTRACT

The different agricultural practices on the soil affect its capacity to capture and store organic carbon (CO), causing greenhouse gas (GHG) emissions that influence climate change. The aim of this research was to evaluate carbon storage in soils of 16 livestock systems in the municipality of Guatavita, department of Cundinamarca, Colombia. Four groups were defined: 1. Systems with Modern Technology (ES: SPTM), 2. Medium Productivity Systems (ES: SPMP), 3. Traditional Systems (ES: SPT), and 4. Eco-friendly

¹ Universidad de Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación SISPROS. Dg 18 N.º 20-29. Fusagasugá. Colombia.

² Universidad del Tolima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios. Calle 42 N.º 1-02. Ibagué. Colombia.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: adiego@ucundinamarca.edu.co

systems (ES: SPEA), according to the type of environmental supply and technologies used in the above-mentioned systems. We determined the carbon storage by calculating the percentage of organic carbon (% CO) using the Walkley & Black method; by evaluating the bulk density (ES: DA) through a paraffinized clod and the depth of the soil sample taken with a helicoidal auger. The results showed statistical differences ($p > 0.05$) for the variables % CO and DA between some groups, but not for carbon storage. We found that group 4 presented a storage of 179.18 tons of carbon/hectare (tC/ha), followed by group 2 with 170.48 tC/ha, group 1 with 137 tC/ha, and group 3 with 135.07 tC/ha. The DA values of all the systems ranged from medium to high despite this condition and its relationship with the CO content; it is concluded that Guatavita livestock systems are ample fixers of atmospheric carbon in soils and contribute to mitigating the harmful effects of global climate change.

*ES: conventions with Spanish abbreviations.

Keywords: livestock, climate change, storage, greenhouse gases (GHG).

INTRODUCCIÓN

El carbono (C) es el pilar de la vida en la Tierra. En nuestro planeta, existen cuatro reservorios en los que este se acumula, los cuales contienen diversas y amplias cantidades: la atmósfera, la superficie terrestre, los océanos y las rocas sedimentarias, con aproximadamente 700, 2.000, 38.000 y 1.200.000 gigatoneladas (Gt) de carbono respectivamente (Ruiz Méndez *et al.* 2018). El C está presente en la atmósfera en forma de CO₂, en la hidrosfera, se encuentra como bicarbonato y como ion carbonato y, en la litosfera, como carbón mineral, rocas carbonatadas y/o petróleo. Las plantas, a través de la fotosíntesis, incorporan a sus tejidos el CO₂ disponible en la atmósfera e hidrosfera; la cadena trófica terrestre y marina permite a las especies consumidoras alimentarse de material vegetal, lo que permite al C formar parte de su organismo y, a su vez, retornarlo a la atmósfera a través de la respiración o al subsuelo a través de las excretas o, posterior a su muerte y descomposición, formando rocas carbonatadas (Arana, citado por Latriglia y Vera 2015).

Gases como el CO₂, óxido de nitrógeno (N₂O), metano (CH₄), vapor de agua, entre

otros, son considerados de efecto invernadero (GEI) y son causantes, desde hace varios años, del calentamiento y cambio climático a nivel global (Del Prado 2020). Su liberación se atribuye a diversas actividades humanas como la deforestación y la intervención de los suelos para la implementación de sistemas agropecuarios y el desarrollo de las zonas urbanas, así como a la búsqueda y el uso de combustibles fósiles para generar energía. Según Rojas García *et al.* (2017), las acciones antropogénicas pueden alterar el ciclo del C, el ciclo del agua y/o el ciclo de nutrientes, lo que a su vez afecta la dinámica de los diversos ecosistemas terrestres que dependen de estas interacciones biológicas y procesos naturales. Se estima que cerca del 25% de las emisiones de CO₂ son generadas por la agricultura (deforestación, labranza, quemas) y la presión constante que el hombre ejerce sobre el suelo con las diversas especies animales a nivel productivo (Rodríguez 2016).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) reporta que las emisiones de GEI provenientes de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra incrementaron 8% entre 2000 y 2010 en relación con la

década de los noventa, pasando de 7,5 Gt a 8,1 Gt de CO₂ eq., y sigue en aumento.

Generalmente, se asocia el cambio climático con las interacciones que suceden de manera exclusiva en la atmósfera, pero es muy importante considerar que el proceso de fotosíntesis que llevan a cabo las plantas utiliza carbono atmosférico, con lo que se logra estabilizar o incorporar una cantidad en los suelos hasta por periodos amplios de tiempo (cientos de años) (Burbano Orjuela 2018); existen organismos fotosintéticos más eficientes que otros, lo cual depende de la velocidad de captura de las moléculas de CO₂ y su posterior transformación en carbohidratos necesarios para formar biomasa. Las plantas han alcanzado amplias evoluciones para asegurar y optimizar el flujo de CO₂ (Almeraya del Valle y Sánchez Quintanar 2015). Así, el suelo, además de cumplir funciones clave para el sostenimiento de la vida, desempeña otras muy importantes e irremplazables en el ciclo del C de nuestro planeta (Dimas y Gnacadja 2009). Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que el suelo contribuye a mitigar los efectos nocivos atmosféricos que genera el CO₂ (Burbano Orjuela 2018). A su vez, Rattan (1994) señala que el suelo cuenta con características de textura, agregación, distribución y tamaño de poros que influyen de manera importante en la emisión y almacenamiento de C.

La FAO reporta que los niveles de CO₂ disponibles en la atmósfera pueden ser reducidos con la disminución de emisiones o almacenándolo en reservas terrestres y ecosistemas acuáticos (FAO s. f.). A su vez, indica que existe un gran potencial para incrementar el contenido de C en la biomasa de las plantas y en suelos degradados mediante la implementación de modelos adecuados de labranza y la adopción de prácticas que contribuyan a

su conservación, convirtiendo la degradación de las tierras por deforestación en respuestas económicas beneficiosas, mayor biodiversidad agrícola, mejora de la conservación y gestión ambiental y el incremento del secuestro de C.

Teniendo en cuenta las condiciones de manejo de los suelos, su importancia como organismo vivo, mitigante de cambio climático y la necesidad de información que aporte a la mejora de los sistemas ganaderos del país, el objetivo de la presente investigación fue cuantificar el contenido de carbono orgánico del suelo con el fin de calcular el almacenamiento de carbono asociado a cuatro tipos de sistemas de producción presentes en la zona altoandina del departamento de Cundinamarca, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en 16 sistemas bovinos situados a una altura promedio de 2.690 metros sobre el nivel del mar (m. s. n. m), con temperatura aproximada de 14 °C y una precipitación de 1.300 mm/año (Barrios y Gómez 2009), dedicados a la producción de leche a pequeña y mediana escala, distribuidos en seis veredas del municipio de Guatavita, ubicado en la Provincia del Guavio, noroccidente del departamento de Cundinamarca, Colombia. El municipio cuenta con una extensión de 252,27 km² de los cuales 246 km² corresponden al área rural. La ganadería de leche es la principal actividad económica del municipio, que es pionero a nivel departamental en cooperativismo y asociatividad lechera (Alcaldía Municipal de Guatavita 2019). Para 2020, se reportó un total de 10.724 cabezas de ganado

distribuidas en 974 predios (MinAgricultura 2020). A nivel general, las pasturas predominantes corresponden a las especies Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone) y Raigrass (*Lolium* spp.).

Selección de sistemas productivos

La selección de los predios se basó en la tipificación, previamente realizada, por el proyecto de investigación “Productividad y eficiencia de la energía en diferentes tipos de sistemas de producción lecheros altoandinos de Colombia”, financiado por la Universidad del Tolima, para lo cual se determinaron cinco variables: producción de leche (kg/animal), área de pasturas (Ha), unidades animales, topografía (plana, ondulada, ladera) y precipitación (mm/año) y dos índices (tecnología moderna y tecnología ecoamigable) que permitieron seleccionar las fincas acordes con el propósito de dicha investigación. Se aplicó

una encuesta estructurada a los productores identificados en la que se recopiló información específica relacionada con el área productiva, las pasturas, el número y tipo de animales, las prácticas de manejo de los suelos, entre otros. Se realizó un análisis de conglomerados obteniendo cuatro (4) tipos representativos según los sistemas de producción. Para cada conglomerado, se identificaron las fincas centrómero. La extracción de las fincas centrómero se llevó a cabo utilizando el algoritmo de clasificación *K-means*, que realizó los respectivos agrupamientos minimizando la suma de distancias entre cada objeto y el centroide, basado en sus características. Se eligieron diez fincas de cada grupo caracterizado y se analizaron las primeras cuatro fincas más cercanas al centrómero (tabla 1). En la tabla 2 se comparte la localización geográfica de los sistemas analizados.

TABLA 1. Parámetros de agrupamiento de los sistemas productivos objeto de estudio

Grupo	Oferta ambiental	Tecnologías
1	Favorable (suelos fértiles, balance hídrico apropiado, topografía plana, alta productividad primaria).	Alta mecanización del suelo, ordeño mecánico, rotación de pasturas, fertilización de síntesis química apropiada.
2	No favorable (suelos con mediana a baja fertilidad, balance hídrico irregular, topografía ondulada y pendiente, baja productividad primaria).	Mecanización del suelo, ordeño mecánico, poca rotación de pasturas, alta fertilización de síntesis química.
3	No favorable (suelos con mediana a baja fertilidad, balance hídrico irregular, topografía ondulada y pendiente, baja productividad primaria).	Baja mecanización del suelo, ordeño manual, poca rotación de pasturas, baja fertilización de síntesis química.
4	No favorable (suelos con mediana a baja fertilidad, balance hídrico irregular, topografía ondulada y pendiente, baja productividad primaria).	Baja mecanización, ordeño mecánico, rotación de pasturas, baja fertilización de síntesis química, reciclaje de nutrientes con fertilización orgánica.

Grupo 1: Sistemas de Producción con Tecnología Moderna (SPTM); Grupo 2: Sistemas de Producción de Mediana Productividad (SPMP); Grupo 3: Sistemas de Producción Tradicionales (SPT); Grupo 4: Sistemas de Producción Ecoamigables (SPEA).

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2. Localización de los sistemas analizados

Grupo	Nombre del predio/finca	Vereda	Ubicación
1	Los Tunos	Corales	04°53'28.8"N; 073°48'00.4"W
	Ojo de Agua	Corales	04°53'45.8"N; 073°48'14.5"W
	Los Colorados	Corales	04°53'03.8"N; 073°48'58.7"W
	Las Mercedes	Guandita	04°54'59.20"N; 073°48'25.95"W
2	El Guabal	La Concepción	04°49'19.0"N; 073°45'57.9"W
	San Luis	La Concepción	04°51'2.88"N 073°46'44.27"W
	Santa Lucía	La Concepción	04°48'49.5"N; 073°46'27.2"W
	San Marcos	Juiquín	04°49'51.0"N; 073°45'57.1"W
3	El Ganso	Carbonera Alta	04°57'00,3"N; 073°46'12,9"W
	El Rosal	Carbonera Baja	04°57'05.3"N; 073°46'57.1"W
	San Pedro	Carbonera Baja	04°56'38,4"N; 073°47'38,2"W
	Santa Susana	Carbonera Baja	04°55'56.5"N; 073°50'10,9"W
4	Tolomita	Guandita	04°54'31.4"N; 073°47'05.4"W
	El Arrayán	Guandita	04°54'59.2"N; 073°47'11.5"W
	La Planada	Guandita	04°54'31.40"N 073°49'5.40"W
	La Esmeralda	Corales	04°53'09.7"N; 073°48'36.2"W

Grupo 1: Sistemas de Producción con Tecnología Moderna (SPTM); Grupo 2: Sistemas de Producción de Mediana Productividad (SPMP); Grupo 3: Sistemas de Producción Tradicionales (SPT); Grupo 4: Sistemas de Producción Ecoamigables (SPEA).

Fuente: elaboración propia.

Muestreo de suelos

En cada sistema productivo, se tomaron 15 submuestras de suelo distribuidas al azar utilizando un barreno helicoidal, a una profundidad de 0 a 30 cm, que luego fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 250 gramos (g). Las dieciséis muestras se empacaron en bolsas plásticas oscuras no reutilizadas, recubiertas con bolsas plásticas de cierre hermético, rotuladas y almacenadas para transporte al Laboratorio de Suelos de la Universidad de Cundinamarca, Sede Fusagasugá, Colombia.

Estimación de Carbono Orgánico (CO) en el suelo

Para determinar el porcentaje de carbono orgánico (% CO), las muestras fueron dispuestas en crisoles de porcelana, los cuales se alojaron en un desecador por 48 horas con el propósito de garantizar su adecuado secado, además, para su posterior análisis, se pasaron por un tamiz de 2 milímetros (mm). El método Walkley & Black, descrito por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2006), se aplicó por triplicado en cada muestra de suelo. Esto consiste en la oxidación del carbono incorporando dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) y ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). Adicionalmente, se utilizó la ecuación 1, adaptada por

Granados (2020) (datos no publicados), para calcular los porcentajes de carbono orgánico en las muestras obtenidas de los sistemas productivos objeto de estudio.

Ecuación 1

Cálculo porcentaje de carbono orgánico en suelos.

% CO = (VFeSO₄ - B) * NFeSO₄ * 0,003 * Fd / W_m

Donde:

% CO: porcentaje de carbono orgánico.

VFeSO₄: volumen (mL) de sulfato ferroso gastado en las muestras de suelos.

B: volumen del sulfato ferroso gastado en el blanco.

NFeSO₄: normalidad del sulfato ferroso = 0,9986.

0,003: peso miliequivalente del carbono en gramos.

W_m: peso de la muestra en gramos.

Fd: factor de dilución: 100.

Con base en los porcentajes promedio de CO obtenidos, se utilizó como referencia la clasificación de suelos en función del clima y valores de CO (tabla 3) descrita por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2011), con el fin de determinar si los suelos de los sistemas productivos evaluados se consideraban con bajo, mediano o alto contenido de CO.

TABLA 3. Clasificación de suelos en función del clima y valores de CO

Elemento	Clima del sistema evaluado			Concepto
	Frío	Medio	Cálido	
% CO	< 2,90	< 1,74	< 1,16	Bajo contenido de CO
	2,90-5,80	1,74-2,90	1,16-2,32	Mediano contenido de CO
	> 5,80	> 2,90	> 2,32	Alto contenido de CO

Fuente: IGAC 2011.

Densidad aparente del suelo

Se aplicó por triplicado la técnica de terrón parafinado, descrita por el IGAC (2006), para calcular la densidad aparente (DA) de los suelos objeto de estudio, expresada en gramos sobre centímetro cúbico (g.cm^{-3}). Los valores obtenidos se compararon con la tabla de clasificación de densidad aparente en suelos (tabla 4) desarrollada por Cairo (1995) y citada por Castillo (2005).

TABLA 4. Clasificación de DA en suelos

Densidad aparente (g.cm^{-3})	Clasificación
< 1,0	Muy baja
1,0 – 1,2	Baja
1,2 – 1,45	Media
1,45 – 1,6	Alta
>1,6	Muy alta

Fuente: Cairo 1995; Castillo 2005.

Almacenamiento de carbono

Para determinar el almacenamiento de CO, se utilizó el procedimiento descrito por Andrade *et al.* (2003), el cual toma en cuenta valores de densidad aparente, carbono orgánico y profundidad del suelo:

Ecuación 2

Cálculo para determinar el almacenamiento de C en suelos.

$$\text{COS}(\text{tC.ha}^{-1}) = \text{DA} * \% \text{CO} * \text{Ps}(\text{cm})$$

Donde:

COS: almacenamiento de carbono (tC.ha^{-1}).

DA: densidad aparente (g.cm^{-3}).

% CO: porcentaje de carbono orgánico.

Ps: profundidad del muestreo en suelo (cm).

Análisis estadístico

En el análisis de resultados, se aplicó el modelo General Linear Model (GLM) con el fin de evaluar carbono orgánico, almacenamiento de carbono y densidad aparente, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \theta_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : son las variables respuesta o dependientes (densidad aparente, porcentaje de carbono orgánico, almacenamiento de carbono).

μ : es la media poblacional.

θ_i : corresponde al tipo de sistema productivo.

ϵ_{ij} : es el error experimental relacionado con las réplicas.

Se realizó análisis de varianza (ANOVA) en una vía para determinar diferencias estadísticas entre los grupos. De igual forma, se realizaron pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey. Asimismo, se efectuó análisis de correlación para observar posible asociación entre % CO, DA y almacenamiento de C, dichos análisis fueron desarrollados con STATGRAPHICS Centurion XVIII e InfoStat (2020 versión I).

Resultados y discusión

Porcentaje de carbono orgánico (% CO)

Los dieciséis sistemas productivos evaluados presentaron rangos en los resultados de CO que van desde 2,19% hasta 7,22%. De acuerdo con los valores de clasificación de suelos del IGAC (2011), presentados en la tabla 5, once sistemas productivos mostraron un mediano contenido de CO; tres sistemas productivos tuvieron un bajo contenido de CO y dos últimos sistemas evidenciaron un alto contenido de CO.

TABLA 5. Clasificación de los suelos con base en el contenido de CO y DA

Grupo	Sistema productivo	Clasificación CO	Clasificación DA
1	Los Tunos	Mediano contenido	Media
	Ojo de Agua	Mediano contenido	Muy alta
	Los Colorados	Bajo contenido	Media
	Las Mercedes	Bajo contenido	Media
2	El Guabal	Mediano contenido	Media
	San Luis	Mediano contenido	Alta
	Santa Lucía	Mediano contenido	Media
	San Marcos	Alto contenido	Media
3	El Ganso	Bajo contenido	Muy baja
	El Rosal	Mediano contenido	Muy alta
	San Pedro	Mediano contenido	Alta
	Santa Susana	Mediano contenido	Muy alta
4	Tolomita	Mediano contenido	Media
	El Arrayán	Mediano contenido	Muy alta
	La Planada	Alto contenido	Media
	La Esmeralda	Mediano contenido	Media

Fuente: elaboración propia.

En relación con los grupos 1 y 3, no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0,050$). Por el contrario, el análisis estadístico permitió evidenciar diferencias significativas ($p < 0,010$) entre los grupos 2 y 3. También se detectaron diferencias entre los grupos 3 y 4. En esta investigación no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,050$) entre los grupos 1, 2 y 4 (figura 1).

Varios autores reportan valores similares a los obtenidos en esta investigación. Otero *et al.* (2011) reportaron, en su trabajo realizado en el municipio de Puracé, departamento del Cauca, Colombia, a 3.260 m s. n. m., contenidos de CO del 6,2% en suelos dedicados a la agricultura y ganadería con especies vegetales predominantes para pastoreo *P. clandestinum* y *Holcus lanatus*. En el municipio de Pasca, Cundinamarca (Colombia), Rodríguez (2014) realizó un estudio similar en condiciones agroclimáticas

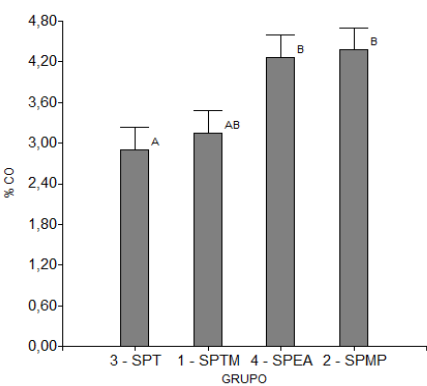


FIGURA 1. Comportamiento del % CO del suelo en los grupos de sistemas productivos bovinos del municipio de Guatavita.

Letras en común no representan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,050$); SPTM: Sistemas de Producción con Tecnología Moderna; SPMP: Sistemas de Producción de Mediana Productividad; SPT: Sistemas de Producción Tradicionales; SPEA: Sistemas de Producción Ecoamigables.

Fuente: elaboración propia.

al municipio de Guatavita, el contenido de CO en suelos con *P. clandestinum* y *S. nigra* L, con resultados de valor promedio de 11,76%. Este mismo estudio indica que el aumento de CO es influenciado por el tipo de vegetación que se encuentra como cobertura vegetal, debido a que este aporta restos orgánicos, los cuales son mineralizados y humificados fácilmente. Una tercera investigación, realizada por Carvajal *et al.* (2009) en paisajes andinos con menor altitud del municipio de Alcalá (región cafetera colombiana), evidenció un 5,75% de CO en muestras de suelo obtenidas a 20-30 cm de profundidad. Por otro lado, Andrade *et al.* (2016) determinaron la concentración de CO en pasturas con manejo orgánico en el municipio de Piedras, departamento del Tolima, a una altitud de 403 m s. n. m., donde se encontraron valores de 1,8%, menores a los obtenidos en el presente estudio. Lo anterior reafirma lo mencionado por Valenzuela y Visconti (2018), quienes señalan que el clima y los usos de suelo tienen amplio efecto sobre la dinámica del COS y, por consiguiente, los suelos de clima frío cuentan con mayor contenido, por lo que resaltan en su trabajo que los suelos bajo pasturas suelen presentar mayor contenido de CO que suelos dedicados a cultivos intensivos de ciclo corto. Alvarado *et al.* (2013) reportaron que el COS puede ser un indicador indirecto de la calidad física y biológica de los suelos, pues está directamente relacionado con la materia orgánica existente, ya que esta contiene entre el 55% y el 60% de carbono total. Además, la agregación y la estabilidad de los suelos depende directamente de la materia orgánica porque aumenta la porosidad, lo cual ayuda a la infiltración y el incremento de nutrientes disponibles para las plantas (FAO 2002).

En relación con la similitud estadística entre los grupos 1 y 3, se resalta que, a pesar de las condiciones de oferta ambiental y uso o implementación de tecnologías descritas en la tabla 1, factores importantes como la topografía (plana u ondulada), alta o baja mecanización del suelo y la adecuada o baja rotación de pasturas que realizan ambos sistemas no generaron diferencias significativas en este estudio, pero sí representaron los valores más bajos para esta variable. Las diferencias entre los grupos 2 y 3 se pueden ser atribuir a la alta tasa de aplicación de enmiendas y fertilizantes químicos sobre el suelo que se realizan en el grupo 2. La FAO (2002) señala que estas prácticas incrementan la biomasa aérea y del suelo, por lo que se espera que el COS sea generalmente incrementado. Las diferencias entre los grupos 3 y 4 podrían ser influenciadas por el manejo y reciclaje de nutrientes con fertilización orgánica, lo cual también incrementa el contenido de materia orgánica en este último sistema.

Densidad aparente (DA)

Con respecto a la DA de estos suelos, se encontró que el promedio general fue de 1,42 g.cm⁻³. Santa Susana fue el sistema productivo que obtuvo mayor valor, con 1,87 g.cm⁻³, caso contrario a El Ganso, que presentó un promedio de 0,95 g.cm⁻³. En cuanto a los grupos, los valores promedio evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,010$) entre el número 2 y 3. Sin embargo, es importante considerar que, de acuerdo con la tabla de clasificación citada por Castillo (2005), los sistemas que integran el grupo 2 se encuentran en rangos de media a alta densidad. En el grupo 3, por el contrario, se encontró la mayor DA de los grupos. En esta investigación, los grupos 1 y 4 no demostraron diferencias significativas entre

sí ($p > 0,050$) al considerar que, según las variables de clasificación (oferta ambiental y uso o implementación de tecnologías), presentan condiciones y prácticas de manejo diferentes sobre los suelos que no inflirieron sobre esta característica (figura 2).

Los resultados de DA coinciden con lo reportado por Noguera et al. (2011), quienes evaluaron en su investigación la DA sobre cinco tratamientos en suelos con *P. clandestinum*, el cual obtuvo el valor más alto (1,17 g.cm⁻³) frente a un bosque secundario y tres sistemas silvopastoriles de *S. pistacifolia*, *D. integrifolium* y *E. glóbulos*, donde el rango varió desde 0,46 hasta 0,76 g.cm⁻³. Se evidenció que el sistema silvopastoril aumenta la porosidad de los suelos, caso contrario al monocultivo, los cuales se compactan, disminuyen su aireación y penetración de las raíces, lo cual sustenta que los suelos desprotegidos (sin cobertura vegetal) pueden llegar a

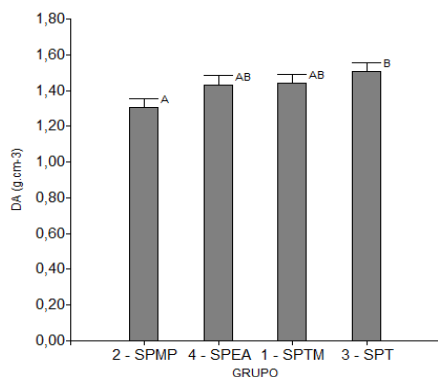


FIGURA 2. Valores de DA (g.cm⁻³) del suelo en los grupos de sistemas productivos bovinos del municipio de Guatavita.

Letras en común no representan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,050$); SPTM: Sistemas de Producción con Tecnología Moderna; SPMP: Sistemas de Producción de Mediana Productividad; SPT: Sistemas de Producción Tradicionales; SPEA: Sistemas de Producción Ecoamigables.

Fuente: elaboración propia.

aumentar la densidad a niveles mayores de 1,0 g.cm⁻³. Por su lado, Siavosh et al. (2000) realizaron un estudio donde compararon la DA de suelo en los Andes de Colombia mediante cinco tratamientos: T1 guadales y bosques, cafetales tradicionales, ganadería extensiva, ganadería intensiva de leche y T5 ganadería extensiva de producción de carne, y encontraron que los dos primeros variaron entre 0,69 y 0,82 g.cm⁻³. Para el caso de las ganaderías, la densidad presentó un rango entre 0,98 hasta 1,10 g.cm⁻³. En cuanto a los grupos, los valores promedio evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,010$) entre 2 y 3. La menor DA del grupo 2 estaría asociada al mayor contenido de MO que este presenta (González, Iglesias y Herrera 2009) en relación con los demás grupos. Lo anterior se puede corroborar comparando las figuras 1 y 2. Sin embargo, es importante considerar que, de acuerdo con la tabla de clasificación citada por Castillo (2005), los sistemas productivos del grupo 2 se encuentran en rangos de media a alta densidad. En el grupo 3, por el contrario, se encontró la mayor DA de los grupos, asociada posiblemente a la inadecuada rotación de pasturas que incrementa el pisoteo de los animales, así como a factores naturales asociados a la textura, estructura y humedad del suelo (González, Iglesias y Herrera 2009) que comprometen su porosidad. En esta investigación, los grupos 1 y 4 no demostraron diferencias significativas entre sí ($p > 0,050$) al considerar que, según las variables de clasificación (oferta ambiental y uso o implementación de tecnologías), estos presentan condiciones y prácticas de manejo diferentes de los suelos que no inflirieron sobre esta característica. Lo anterior permite deducir que la compactación ocasionada por el movimiento,

peso o sobrecarga animal genera valores de alta densidad independientemente de las prácticas positivas o negativas que se realicen sobre estos suelos.

Almacenamiento de CO en el suelo

El almacenamiento de CO en los suelos tuvo alta variabilidad entre sistemas con rangos de 62,33 a 283 tC/ha, donde San Marcos fue el sistema productivo que obtuvo mayor valor. Sin embargo, estadísticamente, no se presentaron diferencias significativas entre grupos ($p > 0,050$). El grupo 4 obtuvo el rango de mayor captura de C con un promedio de (179,18 tC/ha). Además, es relevante considerar que en los demás grupos también se presentó una amplia captura de C en relación con las medias y altas DA presentadas: 170,48, 137 y 135,07 tC/ha para los grupos 2, 1 y 3, respectivamente (figura 3).

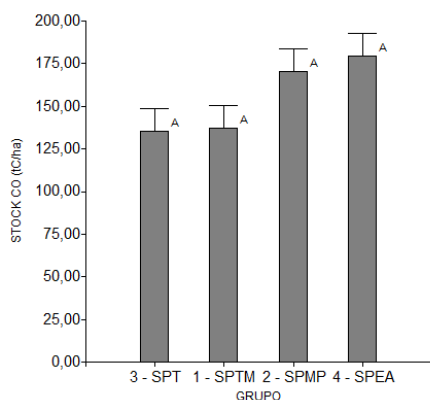


FIGURA 3. Comportamiento del stock de carbono del suelo en los grupos de sistemas productivos bovinos del municipio de Guatavita.

Letras en común no representan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,050$); SPTM: Sistemas de Producción con Tecnología Moderna; SPMP: Sistemas de Producción de Mediana Productividad; SPT: Sistemas de Producción Tradicionales; SPEA: Sistemas de Producción Ecoamigables.

Fuente: elaboración propia.

Sobre el mayor almacenamiento de C, que se presentó en el grupo 4, se destaca que, a pesar de los altos valores de DA de las fincas de este grupo, el almacenamiento de C en el suelo puede ser influenciado por el manejo, el reciclaje de nutrientes con fertilización orgánica y uso de suplementos endógenos, lo cual incrementa y/o mantiene los contenidos de materia orgánica. Los datos obtenidos coinciden con el trabajo publicado por Bustamante y Esparraga (2015), quienes evaluaron la capacidad de captura de carbono del suelo en un sistema ganadero a campo abierto con presencia de forrajes *Lolium perenne*, *Poa pratensis* y *Trifolium repens*, ubicado a 2.221 m s. n. m. en Pomacochas, Perú. Los resultados evidenciaron que dicho sistema tenía almacenadas 78,85 tC/ha en los primeros 0 a 20 cm de suelo, con tendencia a disminuir en función de la profundidad con valores de 49,61 tC/ha entre 20 y 40 cm y 31,85 tC/ha entre 40 y 60 cm, respectivamente. Un segundo trabajo, publicado por Martínez, Bravo y Martín (2014), se desarrolló en dos parcelas de suelos con pasturas no especificadas dedicadas a la alimentación de animales, ubicadas entre los 2.850 y 3.238 m s. n. m., en la subcuenca del río Las Piedras en el departamento del Cauca, Colombia. En este se evidenció un valor promedio de 65 tC/ha almacenadas en los primeros 0 a 10 cm de profundidad. Por su parte, Rojas, Andrade y Segura (2018) encontraron que, en el municipio de Santa Isabel, Tolima, Colombia, en sistemas de pasturas con árboles dispersos ubicados a una altura promedio de 2.400 m s. n. m., la captura de C correspondió a 79,8 tC/ha. Ibrahim *et al.* (2006) quienes realizaron un estudio en los departamentos del Valle del Cauca y Quindío, Colombia, al determinar el CO en pastura degradada y

pastura mejorada (*Brachiaria*) sin árboles, reportaron valores de 68,51 y 81,32 tC/ha, respectivamente. Este estudio evidencia que el mejoramiento de las pasturas puede ayudar a capturar el CO₂, al mostrar que las producciones ganaderas pueden aportar con el almacenamiento de este elemento y a la mitigación del cambio climático.

Análisis de correlación

La matriz de correlación multivariada permitió analizar la relación que existe entre el % CO, la DA y el almacenamiento de C, como lo muestra la tabla 6. Allí se observó que el % CO y el almacenamiento de CO presentaron una correlación positiva ($Z=0,89$) altamente significativa ($p<0,010$). A su vez el % CO estuvo asociado inversamente con la DA ($Z=-0,11$) (tabla 6).

TABLA 6. Prueba de correlación por rangos de Pearson para las variables evaluadas

	% CO	DA	Stock CO
% CO	1		
DA	-0,11	1	
Stock CO	0,89**	0,34	1

% CO: porcentaje de carbono orgánico; DA: densidad aparente (g.cm⁻³); Stock CO: stock de carbono orgánico en suelo (tC/ha); **: valores altamente significativos ($p<0,010$).

Fuente: elaboración propia.

La correlación negativa presentada entre el % CO y DA de la matriz de Pearson explica y corrobora que, a medida que aumenta la compactación de los suelos, disminuye el % CO. Lo anterior coincide con el estudio de Alvarado *et al.* (2013), quienes especifican que la incorporación de materia orgánica mejora las propiedades físicoquímicas y biológicas de los suelos por medio de la descomposición que realizan

los microorganismos que existen en el área edáfica. Por su parte, la correlación entre DA y el almacenamiento de CO en esta investigación fue positiva, de manera similar al trabajo de Andrade *et al.* (2016), quienes reportaron que, en pasturas de trópico bajo, la DA aumentó con el incremento del almacenamiento de CO, lo que generó, a su vez, una controversia con los resultados de Andrade *et al.* (2014), quienes en su trabajo presentaron tendencia inversa en pasturas de clima frío, aclarando que puede deberse a la ausencia de reestructuración de macro agregados del suelo.

Conclusiones

En los grupos se encontraron diferencias estadísticas para la DA del suelo con mayores valores en los sistemas del grupo 3 y menores en los sistemas del grupo 2, sin embargo, es importante considerar que los valores de esta variable oscilaron entre medios y altos para todos.

Los valores medios a altos de DA encontrados en la mayoría de sistemas productivos permiten constatar que, a pesar de la inclusión de diferentes prácticas, en especial positivas para el suelo, la continua presencia de animales y maquinaria sobre las pasturas genera y mantiene compactación sobre este, valores que podrían disminuir con la implementación de árboles dispersos en potreros que aumenten la porosidad, aireación del suelo y, por ende, el COS, junto a la mejora de los modelos de rotación de pasturas, labranza mínima y la mayor incorporación de MO al suelo.

A pesar de la correlación inversa entre la DA y el % CO, en este estudio el C almacenado en el suelo fue muy similar a los valores reportados por otros autores, lo que resalta el potencial de los sistemas ganaderos del municipio de Guatavita, Cundinamarca, como mitigadores de

cambio climático, ya que estos pueden actuar como sumideros importantes de CO del suelo y son susceptibles de más estudios que permitan mejorar las prácticas sobre el suelo y la participación de los predios en los programas de bonos de C.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Reconocimientos/fuentes de financiación

Esta investigación fue desarrollada bajo el marco del proyecto “Productividad y eficiencia de la energía en diferentes tipos de sistemas de producción lecheros altoandinos de Colombia”, financiado por la Universidad del Tolima.

Agradecimientos

A la Universidad del Tolima y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la financiación; a la Universidad de Cundinamarca y al equipo de laboratoristas por la valiosa colaboración; a los pequeños y medianos productores ganaderos del municipio de Guatavita, Cundinamarca, por su inmensa amabilidad y disposición; al corredor tecnológico de Bogotá y Cundinamarca por la base de datos primaria.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Guatavita. 2019. Plan de Desarrollo 2020-2023. Guatavita, Cundinamarca. Disponible en: https://guatavita.101tramites.com/Proyectos/Documentos_Detalles_Proyectos/Plan%20de%20Desarrollo%20Guatavita%202020%20-%202023.pdf
- Almeraya del Valle E y Sánchez Quintanar E. 2015. Adaptaciones fotosintéticas en las plantas para mejorar la captación del carbono. Ciencia. Disponible en: https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66_4/PDF/AdaptacionesFotosinteticas.pdf
- Alvarado JA. 2013. Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. Colombia Forestal. 16(1):21-31. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2013.1.a02>
- Andrade HE. 2014. Impact of grazing on soil organic storage carbon in high lands of Anaime, Tolima, Colombia. Zootecnia Tropical. 32(1):7-21. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692014000100002&lng=es&nrm=iso
- Andrade-Castañeda HSMP. 2016. Carbono orgánico del suelo en bosques riparios, arrozales y pasturas en Piedras, Tolima, Colombia. Agronomía Mesoamericana. 27(2):233-241. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212016000200233&lng=en&nrm=iso
- Ávila E. 2005. Los suelos de Colombia y sus estadísticas más recientes. Biblioteca IDEAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=29015>
- Barrios C y Gómez J. 2009. Diseño de rutas para el municipio de Guatavita. Bogotá: Universidad de los Andes. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16272/u686349.pdf?sequence=1>
- Bear R, Rintoul D, Snyder B, Smith-Caldas M, Herren C y Horne E. 2016. Principles of Biology-Biogeochemical Cycles. In Principles of Biology. Disponible en: <https://archive.org/details/cnx-org-col11569/page/n7/mode/2up>
- Benito Y. 2016. Fundación San Patricio. Disponible en: <http://programainvestiga.org/pdf/guias2016-17/Guia%20introdutoria%20al%20tema%20CO2%20y%20cambio%20climatico.pdf>
- Burbano Orjuela H. 2018. El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Revista de Ciencias Agrícolas. 82-96. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Bustamante J y Esparraga T. 2015. Evaluación de la influencia del uso de la tierra en el almacenamiento de carbono orgánico en suelos de la microcuenca ganadera de Pomacochas del departamento de Amazonas, Perú. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de






- Amazonas. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/660>
- Campo M, Rincón L, Castaño L, Ayala R y Súa D. 2013. Caracterización económica y empresarial de las provincias de cobertura de la CCB. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/2c93c556-b2c9-4cc3-96f1-aa5389a78ec2/content>
- Carvajal A, Feijoo A, Quintero H y Rondón M. 2009. Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal. 7. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912009000300005>
- Castillo CM. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cusamá El Tuma-La Dalia Matagalpa. Managua: Universidad Nacional Agraria. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/1094/>
- Del Prado A. 2020. La ganadería y su contribución al cambio climático. Amigos de la Tierra. Disponible en: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/266ad8bd-25a3-4bf2-8294-c5bb73760ff3/content>
- Dimas S y Gnacadja L. 2009. Cambio climático: ¿el suelo puede cambiar las cosas? Disponible en: <https://circabc.europa.eu/ui/group/54d2e010-4fc4-4962-9113-1e7d574f4a46/library/bd461b84-c2ab-47d5-b2ae-2ca3e833c808>
- FAO. s. f. Portal de Suelos de la FAO. Obtenido de ¿Qué es el Secuestro de Carbono?. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>
- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos. Disponible en: <http://www.fao.org/3/bl001s/bl001s.pdf>
- FAO. 2014. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros Análisis 1990-2011. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3671s.pdf>
- González O, Iglesias C y Herrera M. 2009. Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. Ciencias Técnicas Agropecuarias. 3-5. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93215937011.pdf>
- Granados J. 2020. Cálculos análisis químicos de suelos. Fusagasugá. Colombia. Universidad de Cundinamarca. [Documento inédito].
- Ibrahim MC. 2006. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 45:27-36. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7934>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2006. Métodos analíticos del laboratorio de suelos (6a ed.). Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2012. Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano (1a ed.). Disponible en: <https://repositorio.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12723>
- Jaramillo D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Latrighia LX y Vera C. 2015. Captura de carbono en sistemas pastoriles establecidos en Colombia. Revista de Sistemas de Producción Agroecológicos. 6(1):89-113. <https://doi.org/10.22579/22484817.666>
- Martínez C, Bravo I y Martín F. 2014. Influencia del cambio de uso de suelo en almacenamiento de carbono de ecosistemas altoandinos. Suelos Ecuatoriales. 5. Disponible en: http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/34
- MinAgricultura. 2020. Inventario Pecuario. Bogotá. Disponible en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=65>
- Morocho, V. 2017. Evaluación del contenido de carbono en el suelo de un sistema de pastoreo y bosque nativo de la reserva Huayrapalte, cantón Suscal, provincia de Cañar. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6659/1/33T0166.pdf>
- Noguera A. 2011. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. Revista de Ciencias Agrícolas. 28:40-52. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104116.pdf>
- Oliveira G. 2018. CCUS-Captação, Utilização e Armazenamento Geológico de Dióxido de Carbono. 3ERL-Congress and other Meeting

- Presentations/Apresentações em Congressos e em Outras Reuniões. Lisboa, Portugal. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10284/7871>
- Otero J, Figueroa A, Muñoz F y Peña M. 2011. Loss of soil and nutrients by surface runoff in two agro-ecosystems within an Andean paramo área. *Ecological Engineering*. 2-3. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.08.001>
- Rattan L. 1994. Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico. USDA. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18552>
- Reddy K y Hodges H. 2000. Climate Change y Global Crop Productivity. USA. <https://doi.org/10.1079/9780851994390.0001>
- Rodríguez E. 2014. Cambios en el contenido de carbono orgánico e índice de estabilidad estructural procedentes de varios usos de suelo de sistemas ganaderos y altitudes en la Provincia del Sumapaz. Maestría Ciencias Agrarias. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52678>
- Rodríguez M. 2016. Stock de carbono del suelo, a escala local, en ocho sistemas de uso agrícola del piedemonte llanero. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56121>
- Rojas García F, Santoyo Gómez G, González Montiel E, Velásquez Rodríguez A y Pulido Ponce J. 2017. La ciencia del suelo en el ciclo del carbono de México. Programa Mexicano del Carbono. 1-2. Disponible en http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/105813/Art%c3%adculo%20La%20Ciencia%20del%20Suelo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas A, Andrade H y Segura M. 2018. Los suelos del paisaje altoandino de Santa Isabel (Tolima, Colombia) ¿son sumideros de carbono orgánico? *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica*. 3. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.662>
- Ruiz Méndez C, Delgado Martín M, Corrochano Fernández D y Asensio M. 2018. Concienciación y capacitación en materia de cambio climático. Disponible en <http://medialab.usal.es/concienciacioncambioclimatico/wp-content/uploads/sites/7/2018/06/Mo%CC%81dulo-3-Texto.pdf>
- Siavosh SR. 2000. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. 77-95. <https://es.scribd.com/document/346954640/Impacto-de-Sistemas-de-Ganaderia-Sobre-Las-Caracteristicas-Fisicas>
- Valenzuela I y Visconti E. 2018. Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 7. Disponible en: www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732018000100233

Forma de citación del artículo:

Abril-Herrera, D. A., Mora-Delgado, J. R. y Martínez-Restrepo, G. L. (2023). Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos. *Rev Med Vet Zoot*. 70(3): e106045. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.106045>

Ciclo estral de *Alouatta palliata* y *Alouatta seniculus*: una revisión

A. Contreras-Ibarra¹ , C. Jiménez-Escobar¹ , N. I. Tovio-Luna¹ ,
J. Sepúlveda-Heredia^{1*} , M. P. Urián-Ávila¹ 

Recibido: 5/02/2023. Aprobado: 26/08/2023

RESUMEN

El mono aullador rojo colombiano (*A. seniculus*) y mono aullador de manto (*A. palliata*) son representantes del género *Alouatta* en Colombia y, según análisis de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), sus poblaciones tienden a decrecer por múltiples factores. Esto sugiere la necesidad de orientar acciones para su conservación, para ello se requiere conocimiento de sus dinámicas reproductivas como la identificación y caracterización del ciclo estral. Se examinaron documentos bajo los criterios *Alouatta seniculus*, *Alouatta palliata*, *Alouatta*, ciclo estral y reproducción en Scielo, Google Scholar, PubMed, Web of Science, Wiley, Science Direct y SpringerLink. Se encontraron quince artículos, cuatro libros, cuatro tesis de maestría y una monografía; en estos estudios se abordaban aspectos sobre comportamientos sexuales, cambios en los genitales y medición de hormonas. Los estudios han establecido una duración promedio del ciclo para *A. seniculus* de 17 y de $29,5 \pm 1,5$ días, lo que muestra un rango amplio en comparación con lo hallado para *A. palliata*, donde los estudios evidencian una duración de 16,3; $15,52 \pm 4,88$ y $16,08 \pm 4,27$ días.

Se concluye que algunos aspectos comunes entre las especies son la estacionalidad de los nacimientos durante la época seca, la relevancia del rango social del macho en las solicitudes de cópula por parte de las hembras en éstro y algunos comportamientos como el olfateo y el lamido de genitales durante la receptividad sexual. Asimismo, es necesario conducir estudios en las especies de *Alouatta* en Colombia que, además de abordar las dinámicas reproductivas, consideren la influencia de factores medioambientales y sociales sobre estas.

Palabras clave: mono aullador, reproducción, *Alouatta seniculus*, *Alouatta palliata*, hormonas.

Alouatta palliata and *Alouatta seniculus* oestrus: a review

Abstract

The Colombian red howler monkey (*A. seniculus*) and mantled howler monkey (*A. palliata*) are representatives of the genus *Alouatta* in Colombia and according to IUCN (for its name in Spanish) analysis their populations tend to decrease due to

¹ Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Producción Animal y de Salud Animal. Dirección: Carrera 45 n.º 26-85. Edificio 481. Bogotá, Colombia.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: jusepulvedah@unal.edu.co

multiple factors. This suggests the need to guide actions for their conservation, which requires knowledge of their reproductive dynamics, such as the identification and characterization of the estrous cycle. Papers were examined under the criteria *Alouatta seniculus*, *Alouatta palliata*, *Alouatta*, estrus cycle, and reproduction in Scielo, Google Scholar, PubMed, Web of Science, Wiley, Science Direct, and SpringerLink. 15 articles, 4 books, 4 master's theses and 1 monograph were found; these studies addressed aspects of sexual behaviors, changes in genitalia and hormone measurement. The studies have established an average cycle length for *A. seniculus* of 17 and 29.5 ± 1.5 days, thus showing a wide range compared to what was found for *A. palliata* where the studies evidenced a cycle length of 16.3, 15.52 ± 4.88 and 16.08 ± 4.27 days.

The conclusion is that some common aspects among the species are the seasonality of births during the dry season, the relevance of the male's social rank in copulation requests by females in estrus and some behaviors such as sniffing and genital licking during sexual receptivity. Likewise, it is necessary to conduct studies on *Alouatta* species in Colombia that not only address reproductive dynamics but also consider the influence of environmental and social factors on them.

Keywords: howler monkey, reproduction, *Alouatta seniculus*, *Alouatta palliata*, hormones.

INTRODUCCIÓN

Los primates del género *Alouatta* se denominan comúnmente como monos aulladores; a este género pertenecen los primates neotropicales de más amplia distribución geográfica, que se extienden desde el sur de México hasta el norte de Argentina (Zúñiga 2010).

Colombia es un país megadiverso que ocupa el tercer lugar en Latinoamérica en número de especies de primates. Cuenta con 38 especies, de las cuales 10 son endémicas (IAVH 2020). Entre los representantes del género *Alouatta* se encuentran *Alouatta seniculus*, conocido comúnmente como mono aullador rojo colombiano, aullador colorado o mono Congo, y el *Alouatta palliata* o aullador negro o de manto (Semarnat y Conanp 2012). El primero se distribuye más ampliamente en el país desde los 0 hasta los 3.200 m s. n. m., lo que abarca diferentes tipos de bosque como manglares, bosques húmedos y bosques nublados, entre otros (Alvarado 2013), y

habita en todo el país a excepción de la Costa Pacífica (Defler 2003); Antioquia, Meta y Casanare son los departamentos que cuentan con mayor número de registros para la especie (figura 1). Por su parte, el aullador negro tiene una distribución más limitada, desde los 12 a los 400 m s. n. m. (Zúñiga 2010), lo cual comprende la zona norte y occidental del país, incluyendo la planicie costera del Pacífico, el piedemonte de la serranía del Baudó, partes bajas de la serranía del Darién y la cuenca de los ríos Atrato y Sinú, donde prefiere los bosques húmedos hasta semidecíduos en laderas montañosas (Defler 2010).

El *Alouatta seniculus* se encuentra listado por la IUCN según su estado de conservación bajo la categoría de preocupación menor con última revisión en 2021 (Link *et al.* 2021), mientras que *Alouatta palliata* ha sido clasificado como *vulnerable* también con última revisión en 2021 (Cortés-Ortiz *et al.* 2021). En este sentido, el común denominador para

ambas especies es que, independientemente de su clasificación, sus poblaciones están decreciendo con riesgo de desaparecer, ya que se enfrentan a amenazas como la destrucción y fragmentación de sus hábitats y la cacería (Cortés–Ortiz *et al.* 2021; Link *et al.* 2021). Esto permitió reconocer la necesidad de orientar acciones encaminadas hacia su conservación, para ello es relevante contar con información acerca de todos los aspectos que conciernen a la reproducción como el comportamiento a nivel social e individual, su funcionamiento bioquímico y las diferentes etapas del ciclo reproductivo, teniendo en cuenta que es un fenómeno esencial para la supervivencia de las especies; por tanto, la biología y la tecnología de la reproducción tienen un papel esencial en la conservación de la

biodiversidad (Roldán y Garde 2004). De ahí que en este artículo se recopiló información referente a la reproducción del género *Alouatta*, con énfasis en estudios relacionados con el ciclo estral de hembras *Alouatta palliata* y de *Alouatta seniculus*.

En estudios realizados en el género *Alouatta* relativos a la reproducción, los principales abordajes se enfocan en la observación en campo y la descripción de comportamientos, interacciones sociales y ocurrencia de eventos reproductivos; tal es el caso del estudio hecho por Braza (1980) sobre aulladores rojos en los llanos de Venezuela, en el cual se exponen algunos hallazgos sobre las épocas de nacimientos y de cópulas, además existen algunos estudios, aún incipientes, acerca de la relación entre los factores ambientales

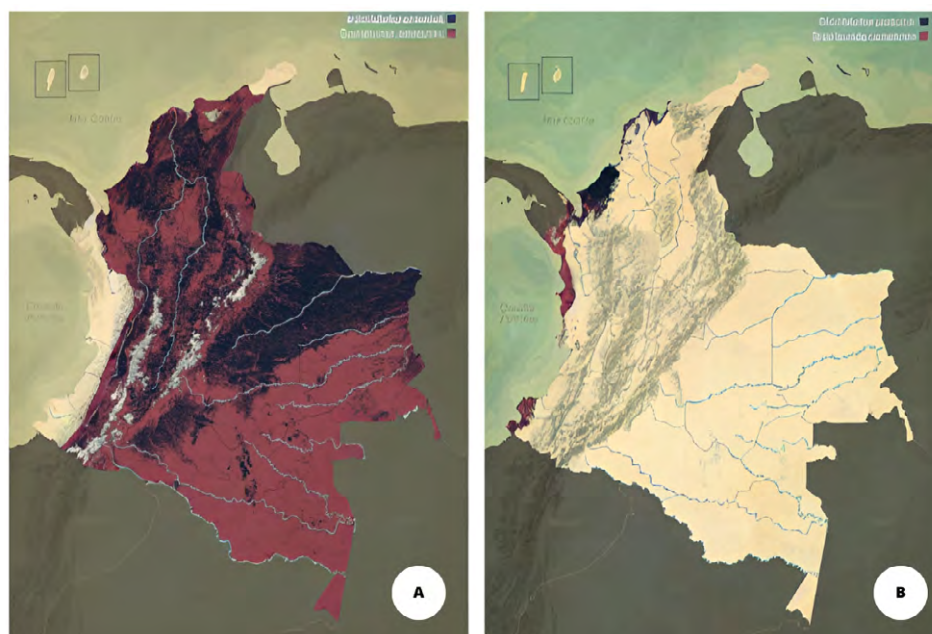


FIGURA 1. Distribución de *Alouatta seniculus* y *Alouatta palliata* en Colombia. En la figura se muestra la distribución de la especie *A. seniculus* (A) y *A. palliata* (B), el color negro indica la distribución potencial y el rojo la distribución remanente.

Fuente: Henao–Díaz *et al.* 2020, pp. 7-8.

y las interacciones sociales, así como la reproducción de algunos platirrininos; por ejemplo, Castaño (2023) halló que existe una correlación positiva y parcialmente significativa entre la agresión en monos aulladores rojos y la precipitación, probablemente por la competencia de recursos y espacio en estos fragmentos de hábitat en el departamento de Caldas, mientras Pardo (2012) encontró que cambios en la temperatura entre los meses de agosto y septiembre pueden afectar el ciclo ovulatorio de las hembras de *Ateles hybridus* presentes en San Juan de Carare, lo que se refleja en incrementos en la producción de estradiol y progesterona.

METODOLOGÍA

Se buscaron publicaciones entre diciembre de 2020 y septiembre de 2023 con los criterios de búsqueda *Alouatta seniculus*, *Alouatta palliata*, *Alouatta*, ciclo estral y reproducción en las plataformas Scielo, Google Scholar, PubMed, Web of Science, Wiley, Science Direct y SpringerLink, con un enfoque en reproducción y ciclo estral del género *Alouatta* sin distinción de lugar, fecha o tipo de publicación. Una vez seleccionados los artículos de interés, estos se clasificaron por tipo de documento, luego se emplearon aquellos que poseían información general respecto a la reproducción para *Alouatta* para hacer un acercamiento inicial a la temática; posteriormente, se recopilaron aquellos que contenían información específica del ciclo estral de las especies *Alouatta palliata* y *Alouatta seniculus* e información del ciclo estral de otras especies de *Alouatta* en el mundo, con énfasis en características como el año de estudio, el lugar donde se llevó a cabo, la especie, la metodología empleada y la duración media del ciclo estral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la búsqueda se encontraron quince artículos, cuatro libros, cuatro tesis de maestría y una monografía científica. Los artículos se publicaron en revistas científicas como *American Journal of Primatology*, *Primates*, *American Journal of Biological Anthropology*, *American Journal of Physical Anthropology*, *International Journal of Primatology*, *Ecology and behavior of neotropical primates*, *Hormones and Behavior* y *Biological Reviews*. Los libros y capítulos de libros corresponden a la Biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia, al Repositorio del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, *The International Encyclopedia of Primatology* y al Repositorio CONICET. Las tesis pertenecen a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), la Universidad de Sao Paulo, la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de Caldas. La monografía científica proviene de la Revista de Vertebrados de la estación biológica de Doñana.

En estas fuentes se abordan diversos aspectos relacionados con las dinámicas reproductivas en diferentes especies pertenecientes al género *Alouatta*, un claro ejemplo de ello es la revisión de Neville *et al.* (1988), donde se discute sobre la estacionalidad de los nacimientos al plantear que esta es posiblemente dependiente de los patrones variables de la disponibilidad de alimento durante el año. Además, se recopila información sobre la duración de la gestación en diferentes especies con un promedio de 186 días para *A. palliata*, y 233 días para *A. caraya*; a su vez, se plantea que el estro es usualmente inferido por el incremento en el comportamiento sexual y la sollicitación de la hembra. Estudios previos determinaron la duración del ciclo mediante la observación de la piel de los

genitales de las hembras, los cambios de color en la vulva y las regiones perianales; también describen los patrones de apareamientos al reafirmar el papel de los machos dominantes, así como el olfateo de los genitales común en especies como *A. palliata*, *A. pigra*, *A. seniculus* y *A. fusca*.

Por su parte, Fedigan *et al.* (1998) mencionan una concentración de los nacimientos de aulladores del manto centroamericanos (*Alouatta palliata palliata*) durante la estación seca en un bosque seco tropical en el noroeste de Costa Rica, adicionalmente, en lo referente a la estructura social, se indica que las hembras de esta especie pueden tener más opciones para permanecer en los grupos existentes o transferirse entre ellos que las hembras de aulladores rojos, puesto que en estas poblaciones el número de posiciones de los individuos es más limitado, pues son los machos los que más opciones tienen de transferirse entre grupos. En concordancia con las dinámicas sociales relativas a la reproducción, Di Fiori (2017) expone que los monos aulladores viven en grupos conformados por un pequeño número de machos adultos y varias hembras con sus crías en los que tanto el apareamiento como la reproducción están fuertemente sesgados hacia los machos socialmente dominantes; los machos compiten entre sí para mantener su rango en el grupo y las hembras pueden aparearse con varios machos solicitando cópulas activamente, siendo comunes los apareamientos fuera del periodo periovulatorio. Bajo esta misma línea, Rangel *et al.* (2011) encontraron que la producción de testosterona en machos de la especie *Alouatta pigra* puede variar según los desafíos sociales que se les presente, de manera que aquellos que viven en grupos de un solo macho tienen mayores niveles de esta hormona, pues

tienen que enfrentar posibles invasiones de otros machos extra-grupo.

Otra aproximación a la reproducción del género es la hecha por Matera *et al.* (2008), en la que se observaron los órganos reproductivos internos de hembras pertenecientes a la especie *Alouatta guariba clamitans* en Brasil, donde se concluye que su estructura coincide con la de otros platirrininos, la porción fúndica del útero es globoide, el cuello uterino está bien desarrollado, lo que le confiere una forma alargada, la vagina es un canal largo y aplanado y los ovarios contienen grandes cantidades de tejido intersticial luteinizado.

Ciclo estral de *Alouatta seniculus*

Los primeros acercamientos al estudio del ciclo estral en *Alouatta seniculus* se dieron en un breve reporte hecho por Francisco Branza (1980) mediante observaciones en los llanos orientales de Venezuela, región de Alto Apure, donde se encontró que la concentración de los nacimientos se centra en la segunda mitad de la época seca (junio-agosto), es decir, cuando no solo han cesado las lluvias, sino que llegan a evaporarse las aguas retenidas. Además, se observó que la actividad sexual masculina alcanzó un máximo al principio de la época de lluvias, posiblemente en junio; luego, Crockett y Sekulic (1982), mediante la observación de comportamientos de receptividad sexual (monta y cópula), infirieron que los periodos de estro tenían una duración de 2,5 días y 3 días y que los intervalos del ciclo tenían una media de 17 días; en cuanto a la duración de la gestación, se establece un promedio de 191 días. También se reportó que, durante la receptividad sexual, los machos olfateaban y lamían los genitales de las hembras posiblemente obteniendo información

olfativa y gustativa. De manera adicional, los genitales de las hembras no presentaron cambios evidentes en su forma y coloración correlacionado con el estro, aunque a veces se notó una ligera hinchazón de los labios y la erección del clítoris. Más adelante, Herrick *et al.* (2000) realizaron mediciones de progesterona urinaria por medio de radioinmunoensayo en siete hembras de monos aulladores rojos en libertad con el fin de caracterizar el ciclo reproductivo de esta especie. A partir de los perfiles de progesterona obtenidos de cada hembra en el tiempo de estudio, se identificaron los intervalos en días entre inicios de aumento sostenido de progesterona, que fueron asumidos como ovulación, obteniendo una media de $29,5 \pm 1,5$ días en la duración de ciclo estral; se estableció también que las concentraciones de esta hormona fueron mayores durante la gestación ($211,8 \pm 29,7$ ng/ml), frente a la fase lútea ($77,4 \pm 10,6$ ng/ml) y menores en la folicular aparente ($20,3 \pm 2,2$ ng/ml).

Ciclo estral de *Alouatta palliata*

Con respecto a la especie *Alouatta palliata*, en la investigación publicada por Glander (1980), se estimó una duración media del ciclo estral para esta especie de 16,3 días (con un rango de 11 a 24 días). En este estudio sí se identificaron cambios en la zona de los genitales de las hembras; se determinó el grado de inflamación (sin, leve o completa) de la vulva y la región perineal en un grupo de aulladores durante 14 meses. Se determinaron los intervalos entre el punto medio de hinchazón vulvar máxima y la duración del ciclo; también se evidenció que la receptividad de las hembras a la cópula tuvo una duración de 2 a 4 días.

Posteriormente, Jones (1985) publicó un estudio de comportamiento en dos grupos de monos aulladores de manto, de los cuales uno de ellos estuvo ubicado en un bosque de ribera, contó con 15 hembras adultas y se observó su comportamiento por un periodo de 402 horas; el otro se encontraba en un bosque deciduo con 10 hembras adultas y se observó durante 114 horas. Por medio de las observaciones y mediante el método cualitativo desarrollado por Glander (1980), que evaluó la hinchazón vulvar de las hembras, se clasificó en tres estados de tumescencia: 1. Tumescencia mínima, la vulva está hinchada, pero no rosada; 2. Moderada, la vulva está hinchada, de coloración rosada, sin llegar a ser roja y sin fluido vaginal aparente; 3. Máxima, la vulva está hinchada, rojiza y con fluido viscoso, siendo esta última representativa en el pico del estro. De esta manera, el intervalo entre la máxima tumescencia y la siguiente indicaba un ciclo estral, a partir de esto se halló una media de $15,52 \pm 4,88$ días para las hembras ubicadas en el bosque de ribera y $16,08 \pm 4,27$ días para las hembras en los bosques deciduos. Adicionalmente, se identificó una relación entre el estado de estro y la jerarquía de los machos a los que dirigían sus solicitudes de apareamiento, pues aquellas que se encontraban en el *pico de estro* solicitaron mayormente machos de mayor rango, mientras las que se encontraban en otros estados solicitaron machos de diferentes rangos. En cuanto a la cópula, se analizó el grupo de bosque de ribera y se observó que las cópulas ocurrieron en su mayoría cuando las hembras se encontraban en estado 2 y 3, es decir, con tumescencia moderada y máxima.

Por otro lado, Cano–Huertas *et al.* (2017) plantean que las hembras presentan estacionalidad reproductiva, esto quiere decir que tienen una asociación entre la disponibilidad de alimentos con la proximidad a los nacimientos, dando como resultado una lactancia más efectiva, también encontraron que las hembras en estro y gestación dedicaron mucho más tiempo para alimentarse que las hembras lactantes cuando había más comida disponible.

Como se evidencia, los diferentes estudios reportan un amplio rango en cuanto a la duración del ciclo estral para la especie, además de una posible estacionalidad reproductiva. Autores como Heldstab *et al.* (2020), con base en su estudio en 141 especies de primates pertenecientes a diferentes instituciones zoológicas en el mundo, mencionan que el punto medio del rango latitudinal fue un factor importante asociado con la estacionalidad reproductiva, lo que indica una correlación con el fotoperiodo, otros factores como la temperatura media anual y la dieta anual también estuvieron relacionados; de manera que es posible que en la especie *Alouatta palliata*, esta variabilidad se explique por las diferencias entre la latitud y otros factores medioambientales, sin embargo, para corroborar esta hipótesis es necesario llevar a cabo estudios en esta especie a lo largo de su amplia distribución.

Otros estudios de ciclo estral de *Alouatta* en el mundo

En otros estudios del mismo género, como en la especie *A. caraya*, (Kugelmeier 2005) se reportó una duración del ciclo ovárico de $19,6 \pm 1,6$ días, estimada mediante la medición de concentraciones de metabolitos de estrógenos fecales. Para la misma especie, Kugelmeier *et al.* (2011)

midieron metabolitos de esteroides fecales y observaron el sangrado vaginal, a partir de dicho análisis se obtuvo una duración promedio del ciclo de $19,11 \pm 2,14$ días, al tener como referencia el intervalo entre las oleadas sucesivas de progestinas y $19,8 \pm 0,9$ días, siendo este el intervalo medio entre dos periodos de aparición de eritrocitos obtenidos por medio de citología vaginal. Por su parte, Van–Belle *et al.* (2009) analizaron dos grupos de monos aulladores negros silvestres (*A. pigra*) en lo relacionado con el comportamiento sexual a través del ciclo ovárico y los perfiles hormonales en muestras fecales. Un total de doce ciclos se analizaron y se obtuvo una duración media de $18,3 \pm 1,4$ días; a su vez, el nivel de progesterona fecal disminuyó a niveles basales durante la fase folicular y su aumento indicó que la ovulación había ocurrido. El nivel fecal de estradiol permaneció relativamente constante durante la ovulación, pero mostró un incremento entre dos y cuatro días después. Para la especie *A. guariba clamitans*, Silvestre *et al.* (2017) describen su ciclo ovárico por medio de la medición de la concentración de progesterona fecal con una duración estimada de $16 \pm 0,52$ días en 35 ciclos estudiados, con $4 \pm 0,37$ días para la fase interlútea (concentración media de progestágenos fecales de $467,98 \pm 29,12$ ng/g de heces secas) y $11 \pm 0,50$ días para la fase lútea (concentración media de progestágenos de $4.283,27 \pm 193,31$ ng/g de heces secas).

En la tabla 1 se resumieron y sintetizaron los hallazgos en cuanto a la duración media del ciclo estral para las especies objeto de estudio (*A. seniculus* y *A. palliata*) junto con otras que pertenecen al mismo género, según diferentes autores y sus métodos de análisis empleados.

TABLA 1. Hallazgos sobre el ciclo estral de especies de *Alouatta*

Año	Autor	Especie	Lugar y país	Metodología utilizada	Duración media del ciclo estral
1982	Crockett y Sekulic	<i>Alouatta seniculus</i>	Hato Masaguaral, Venezuela	Observación de comportamientos sexuales.	17 días
2000	Herrick et al.	<i>Alouatta seniculus</i>	Hato Masaguaral, Venezuela	Medición de progesterona urinaria por RIA[1].	29,5 ± 1,5 días
1980	Glander, K.	<i>Alouatta palliata</i>	Cañas Guanacaste, Costa Rica	Observación del estado de inflamación de la vulva (método cualitativo).	16,3 días
1985	Jones, C.	<i>Alouatta palliata</i>	Guanacaste, Costa Rica	Observación del estado de inflamación de la vulva (método cualitativo).	15,52 ± 4,88 días (Hembras en bosque de ribera) 16,08 ± 4,27 días (Hembras en bosque deciduo)
2005	Kugelmeier, T.	<i>Alouatta caraya</i>	Ananindeua, Pará, Brasil	Medición de concentraciones de metabolitos de estrógenos fecales.	19,6 ± 1,6 días
2011	Kugelmeier et al.	<i>Alouatta caraya</i>	Ananindeua, Pará, Brasil	Medición de metabolitos de esteroides fecales y citología vaginal para identificación de sangrado.	19,11 ± 2,14 días (Según las oleadas de progestinas) 19,8 ± 0,9 días (Según aparición de eritrocitos)
2009	Van Belle et al.	<i>Alouatta pigra</i>	Parque Nacional de Palenque, México	Observación de comportamiento sexual y medición de perfiles hormonales en muestras fecales.	18,3 ± 1,4 días
2017	Silvestre et al.	<i>Alouatta guariba clamitans</i>	Santa Catarina, Brasil	Medición de las concentraciones de progesterona fecal.	16 ± 0,52 días

[1] RIA: Radioinmunoensayo

Fuente: elaboración propia.

La sociabilidad y el comportamiento social han sido descriptivos y hace poco se empezaron a publicar trabajos donde se estudian mecanismos hormonales (Digby *et al.* 2011). Sin embargo, estas investigaciones están iniciando, y la investigación futura debería centrarse en evaluar cambios en las

hormonas esteroideas, cambios comportamentales en sistemas de apareamiento, las relaciones entre y dentro de los grupos sociales de los primates, etc. (Kowalewski *et al.* 2016), con el fin de conocer cuándo y cómo ocurren estos eventos de apareamiento y así poder generar a futuro estrategias

reproductivas con el fin de protegerlos y evitar su extinción.

Se evidenció que las diferentes investigaciones llevadas a cabo con respecto al ciclo estral de las especies *Alouatta seniculus* y *A. palliata* son escasas. En el caso de *A. seniculus*, se observó una notable diferencia entre los resultados obtenidos al emplear como método la observación de comportamientos sexuales y los que se hallaron con la medición de progesterona, siendo esta diferencia aproximadamente de trece días; es importante resaltar que el método de estimación empleado por Crockett y Sekulic (1982) se basó en la observación de cópulas, asumiendo estas como exclusivas del periodo periovulatorio, pero al relacionar las observaciones de cópula con los niveles de progesterona, con respecto a *A. palliata*, los estudios que se encontraron coincidieron tanto en el lugar en el que se llevaron a cabo como en la metodología aplicada; aunado a esto, los resultados que se obtuvieron en ambos no difirieron en gran medida.

CONCLUSIONES

Es posible concluir que algunos factores como la disponibilidad de recursos, las interacciones sociales y la estructura del grupo desempeñan un papel importante en las dinámicas reproductivas de los monos aulladores; a su vez, estos y otros factores medioambientales como la latitud y la temperatura podrían influenciar los perfiles hormonales de las hembras y afectar su ciclo estral, sin embargo, hasta el momento no existen estudios que los relacionen directamente en especies pertenecientes a este género, específicamente en *Alouatta palliata* y *Alouatta seniculus*.

Se evidencian algunos aspectos en común entre las especies como la estacionalidad de los nacimientos durante la época seca, la relevancia del rango social del macho en las solicitudes de cópula por parte de las hembras en estro y algunos comportamientos como el olfateo y el lamido de genitales durante la receptividad sexual.

De acuerdo con lo recopilado en este artículo, se reconoció que la información disponible para las especies objeto de la revisión en lo referente al ciclo estral data de hace veinte años o incluso más; adicionalmente, se trata de investigaciones que se realizaron principalmente en otros países de Latinoamérica, lo que permitió plantear la necesidad de incentivar el desarrollo de nuevas investigaciones que aborden aspectos reproductivos de primates neotropicales como los monos aulladores en Colombia, teniendo en cuenta factores sociales y ambientales que pueden influir en los ciclos reproductivos.

CONFLICTO DE INTERESES

Declaramos que para la realización de este documento no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Declaramos que para la realización del documento presente no tuvimos fuentes de financiación externas, sólo nuestros propios recursos.

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Declaramos que para la realización de este documento no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Grupo de Estudio de Animales Silvestres (GEAS) de la Universidad Nacional de Colombia por propiciar espacios para generar y divulgar conocimientos sobre la fauna silvestre de Colombia e incentivar a sus integrantes a llevar a cabo este tipo de iniciativas. A los docentes Néstor Isaías Tovío Luna y Claudia Jiménez Escobar, de los departamentos de Producción y Salud Animal, por su apoyo, sugerencias y conocimientos durante la elaboración de este documento. A los editores, porque sus sugerencias permitieron incluir nuevas ideas y mejorar el artículo.

REFERENCIAS

- Alvarado JH. 2013. Caracterización de la población y descripción de los hábitos alimenticios del mono aullador, *Alouatta seniculus* (Linnaeus, 1766), (Primate: *Atelidae*) en un parche de bosque, vereda El Caucho, Nunchia, Casanare - Colombia. Trabajo de grado de maestría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2043>
- Branza F. 1980. El araguato rojo (*Alouatta seniculus*). Revista de Vertebrados de la Estación Biológica de Doñana. 26:175. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/129070/1/DO%C3%91ANA.7-5%20TERM.pdf>
- Cano-Huertas B, Rangel-Negrín A, Coyohua-Fuentes A, Chavira-Ramírez D, Canales-Espinosa D, Díaz P. 2017. Reproductive energetics of female mantled howlers (*Alouatta palliata*). Int J Primatol. 38:20. <https://doi.org/10.1007/s10764-017-9990-9>
- Castaño V. 2023. Interacciones sociales del mono aullador rojo y su relación con la precipitación y la temperatura en un bosque montano de Neira, Caldas, Colombia. Tesis. Universidad de Caldas. Disponible en: https://repositorio.ucaldas.edu.co/bitstream/handle/ucaldas/19541/Casta%C3%B1o_Angie_Tesis%20%283%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Cortés-Ortiz L, Rosales-Meda M, Williams-Guillén K, Solano-Rojas D, Méndez-Carvajal PG, De la Torre S, Moscoso P, Rodríguez V, Palacios E, Canales-Espinosa D. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species *Alouatta palliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021. [Internet] [Citado 2022 febrero 20]; 3-6. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.9960A190425583.en>
- Crockett, C y Sekulic R. 1982. Gestación length in red howler monkeys. Am J Primatol. 3:291-294. <https://doi.org/10.1002/ajp.1350030127>
- Defler, T. 2003. Primates de Colombia. Serie de guías tropical de campo 4. Primera ed. Bogotá: Editorial Conservación Internacional.
- Defler T. 2010. Historia natural de los primates colombianos. Segunda ed. Bogotá: Editorial UN. pp. 308-324.
- Di Fiori. 2017. Atelinae. The International Encyclopedia of Primatology. <https://doi.org/10.1002/9781119179313.wbprim0250>
- Digby LJ, Ferrari SF, Saltzman W. 2011. Callitrichines: The role of competition in cooperatively breeding species. Oxford: Oxford University Press. pp. 85-106.
- Eisenberg JF, Crockett C. 1987. Howlers: Variations in group size and demography. En: Smuts BB, Cheney DL, Seyfarth RM, Wrangham RW, Struhsaker TT. Primate societies. Chicago: University of Chicago Press, 2008, pp. 54-68. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carolyn-Crockett/publication/248808558_Howlers_Variations_in_group_size_and_demography/links/5ced5333a6fdcc18c8e95b54/Howlers-Variations-in-group-size-and-demography.pdf
- Fedigan LM, Rose LM y Avila RM. 1998. Growth of mantled howler groups in a regenerating Costa Rican dry forest. International Journal of Primatology. 19:405-432. <https://doi.org/10.1023/A:1020304304558>
- Glander K. 1980. Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. Am J Phys Anthropol. 53: 25-36. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330530106>
- Henao-Díaz F, Carretero-Pinzón P, Castillo-Ayala C, Chacón J, Defler T, García-Villalba J, Guzmán DC, Link A, Moreno AM, Palacios M *et al.* 2020. Atlas de la biodiversidad de Colombia. Primates.

- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. pp. 7-8.
- Herrick J, Agoramoorthy G, Rudran R, Harder J. 2000. Urinary progesterone in free-ranging red howler monkeys (*Alouatta seniculus*): Preliminary observations of the estrous cycle and gestation. *Am J Primatol*, 51: 257-263. [https://doi.org/10.1002/1098-2345\(200008\)51:4<257::AID-AJP5>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1098-2345(200008)51:4<257::AID-AJP5>3.0.CO;2-6)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). 2020. ¿En dónde se encuentran los primates en Colombia? [Internet]. [citado 2022 febrero 20]. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/1500-en-donde-se-encuentran-los-primates-en-colombia>
- Jones CB. 1985. Reproductive patterns in mantled howler monkeys: estrus, mate choice and copulation. *Primates*. 26:130-142. <https://doi.org/10.1007/BF02382013>
- Kowalewski M, Urbani B, Tejedor M, Oklander L. 2016. Explorando al orden primates: la primatología como disciplina bioantropológica. pp 121-173.
- Kugelmeier T. 2005. Avaliação endocrinológica do ciclo ovariano de macaco bugio (*Alouatta caraya*-Humboldt, 1812) por meio de extração e dosagem de metabólitos de esteróides fecais. Trabajo de grado de maestría. Universidad de São Paulo. Disponible en: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-19042007-142326/publico/TatianaKugelmeier.pdf>
- Kugelmeier T, Del Rio do Valle R, Alcindo de Barros V, Pereira J, Barros F, Alvarenga de Oliveira C. 2011. Tracking the ovarian cycle in black-and-gold howlers (*Alouatta caraya*) by measuring fecal steroids and observing vaginal bleeding. *Int. J Primatol*. 32:605-615. <https://doi.org/10.1007/s10764-010-9490-7>
- Helstab S, Van Schaik CP, Müller DWH, Rensch E, Bingaman L, Zerbe P, Hatt JM, Clauss M y Matsuda I. 2020. Reproductive seasonality in primates: patterns, concepts and unsolved questions. *Biol. Rev.* 96(1), 66- 88. <https://doi.org/10.1111/brev.12646>
- Link A, Palacios E, Cortés-Ortiz L, Stevenson P, Cornejo F, Mittermeier R, Shantee S, De la Torre S, Boubli JP, Guzmán-Caro DC *et al.* 2021. The IUCN Red List of Threatened Species *Alouatta seniculus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021 [Internet]. [citado 2022 febrero 20]. 2-7. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T70547436A190432393.en>
- Matera Vera M, Do Valle Marques K, Miglino MA y García Caldini E. 2009. Observations on the female internal reproductive organs of the brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans*). *Am. J. Primatol*. 71(2):145-152. <https://dx.doi.org/10.1002/ajp.20633>
- Neville NK, Glander KE, Braza F y Rylands A. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. Pp. 349-453, in Ecology and behavior of neotropical primates. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313641052_The_howling_monkeys_genus_Alouatta
- Pardo Martínez RA. 2012. Análisis del ciclo estral y evaluación de factores sociales y ecológicos que lo afectan en un grupo de *Ateles hybridus* en el corregimiento de Carare (Cimitarra, Santander). Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12110/01190361.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Piedrahita J, Soler D. 2016. Distribución geográfica del mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*) y la fiebre amarilla en Colombia. *Biomédica*. 36:116- 24. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i0.2929>
- Rángel-Negrín A, Dias P, Chavira R y Canales-Espinosa D. 2011. Social modulation of testosterone levels in male black howlers (*Alouatta pigra*). *Hormones and Behavior*. 59(1),159-166. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.11.005>
- Roldán E, Garde J. 2004. Biotecnología de la reproducción y conservación de especies en peligro de extinción. En: Gomendio M. Los Retos Medioambientales del siglo XXI. Madrid: Fundación BBVA. pp. 307-333.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conarpp). 2012. Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Primates, Mono Araña (*Ateles geoffroyi*) y Monos Aulladores (*Alouatta palliata*, *Alouatta pigra*). Primera ed. Ciudad de México: Vivir Mejor. pp. 11-13.

- Silvestre T, Zanetti E, Duarte J, Barriento FG, Hirano Z B, Souza JC, Passos FC. 2017. Ovarian cycle of southern brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans*) through fecal progesterin measurement. *Primates*. 58:131-139. <https://doi.org/10.1007/s10329-016-0561-z>
- Van-Belle S, Estrada A, Ziegler TE, Strier KB. 2009. Sexual behavior across ovarian cycles in wild black howler monkeys (*Alouatta pigra*): male mate guarding and female mate choice. *Am J Primatol*. 71:153-164. <https://doi.org/10.1002/ajp.20635>
- Zúñiga SA. 2010. Distribución, estructura y caracterización del hábitat de dos poblaciones simpátricas de *Alouatta* (*Alouatta seniculus* y *Alouatta palliata*, primates) en el Chocó, Colombia. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9859/tesis74.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Forma de citación del artículo:

Contreras-Ibarra, A., Jiménez-Escobar, C., Tovio-Luna, N.I., Sepúlveda-Heredia, J. y Urian-Ávila, M.P. (2023). Ciclo estral de *Alouatta palliata* y *Alouatta seniculus*. *Rev Med Vet Zoot*. 70(3): e107133. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107133>

Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura

I. J. Roldán-Carvajal^{1*} , P. E. Jaramillo-Arbeláez¹ ,
D. A. Velásquez² , J. D. Muñoz-Duque³ 

Recibido: 18/03/2023. Aprobado: 10/08/2023

RESUMEN

Son múltiples las indicaciones para evaluar la médula ósea de caninos o felinos, entre ellas, anomalías persistentes o de causa no explicable, alteraciones en el hemograma y/o en la bioquímica sanguínea, acompañadas de signos y síntomas que pueden ser inespecíficos, estos pueden ser trastornos reactivos o de origen medular. El objetivo de esta revisión es presentar un panorama general de las indicaciones más frecuentes para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos y hallazgos reportados en la literatura. Como metodología, se empleó un abordaje de los trastornos malignos y benignos con compromiso medular en caninos y felinos, mediante una búsqueda de artículos originales en las bases de datos PubMed, ScienceDirect, Scopus, SciELO y LILACS, en la que se utilizaron los términos MeSh: *bone marrow neoplasms, bone marrow examination, congenital bone marrow failure syndromes, bone marrow failure disorders*, combinados con el operador booleano AND con las palabras *dog* y *cat*. Se encontraron artículos que estudiaron la médula ósea para el diagnóstico diferencial de infecciones como leishmaniasis, ehrlichiosis y anaplasmosis. Sin embargo, en su mayoría, las publicaciones tenían como objetivo el diagnóstico de procesos malignos, como trastornos mieloproliferativos y linfoproliferativos. Se concluye que la evaluación de la médula ósea es de gran importancia, lo que permite esclarecer diagnósticos y evaluar la estadificación de algunas enfermedades, así como su pronóstico y seguimiento.

Palabras clave: benignas, indicaciones, malignas, médula ósea, caninos, felinos.

Indications for morphological evaluation of bone marrow in canines and felines: a literature review

ABSTRACT

There are multiple indications to evaluate the bone marrow in canines and felines, persistent or unexplained abnormalities in the blood count and serum biochemistry, accompanied by non-specific signs and symptoms. They can be reactive or marrow disorders. The objective was to present an overview of the most frequent indications

¹ Universidad de Antioquia. Escuela de Microbiología. Grupo de Investigación HEMO. Calle 67 No. 53-108, Bloque 5, oficina 410. Medellín, Colombia.

² Clínica Veterinaria Caninos y Felinos. Medellín, Colombia.

³ Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. Grupo de Investigación en Patobiología QUIRÓN. Medellín, Colombia.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: [ingrid.rolდან@udea.edu.co](mailto:ingrid.rolدان@udea.edu.co)

for the morphological evaluation of bone marrow in canines and felines reported in the literature. An approach was made to malignant and benign disorders with bone marrow involvement in canines and felines and the frequency is presented through a search of original articles in the databases PubMed, ScienceDirect, Scopus, SciELO, and LILACS, using MeSh terms: bone marrow neoplasms, bone marrow examination, congenital bone marrow failure syndromes, bone marrow failure disorders, combined with the Boolean operator AND with the words dog and cat. Articles that applied bone marrow as an aid for the differential diagnosis of infections such as leishmaniasis, ehrlichiosis and anaplasmosis were found. However, most of the publications are aimed at diagnosing malignant processes, such as myeloproliferative and lymphoproliferative disorders. It is concluded that the evaluation of the bone marrow is of great importance, resulting in clarifying the diagnosis and evaluating the staging of some diseases, as well as their prognosis and follow-up.

Keywords: bone marrow, indication, benign, malignant. canine, feline.

INTRODUCCIÓN

Para la investigación de muchos trastornos hematopoyéticos se cuenta con procedimientos diagnósticos complementarios, como la aspiración y la biopsia de médula ósea (Afkhani *et al.* 2014). Por un lado, el aspirado es idóneo para detallar morfología celular, realizar recuento diferencial, evaluar celularidad global, tipificar blastos, valorar depósitos de hierro y reconocer microorganismos; adicionalmente, partiendo de esta muestra se aplican técnicas de biología molecular, citogenética, cultivos microbiológicos e inmunofenotipo por citometría de flujo o inmunohistoquímica (Bauer y Harr 2022; Dogan y Demircioglu 2022). Por otro lado, en la biopsia se evalúan arquitectura, fibrosis medular, lesiones focales, granulomas, linfomas, metástasis de diferentes tipos de cáncer, patrones infiltrativos en síndromes linfoproliferativos y estructura ósea, vasos y estroma, principalmente a partir de técnicas de inmunohistoquímica. Así, la elección de una o ambas técnicas dependerá de la condición clínica a estudiar (Gilotra *et al.* 2017).

La aspiración y biopsia de médula ósea se realiza en diferentes sitios anatómicos

y la elección de uno de estos se encuentra sujeta a factores como masa muscular, tejido adiposo, edad, tamaño, raza y condición del paciente. Los puntos utilizados con mayor frecuencia son esternón, húmero, fémur e ilion (Raskin y Messick 2012). Dado que se trata de procedimientos invasivos, se requiere suministrar anestésico local y sedar o anestesiarse al paciente. De esta manera, está contraindicado en aquellos con reacciones desfavorables a estos medicamentos, y debe evitarse en trastornos hemorrágicos graves y coagulopatía intravascular diseminada grave. No está contraindicado en cuadros de trombocitopenia, ya que puede convertirse en la herramienta principal para establecer si esta es de origen central (Stacy y Harvey 2017). En humanos, se indica la transfusión de plaquetas antes del procedimiento, cuando el recuento es inferior a $20 \times 10^3/\mu\text{l}$ (Rindy y Chambers 2020; Stensby *et al.* 2021). La complicación más frecuente descrita en caninos, felinos y humanos durante y después de la obtención de una muestra medular es el dolor; sin embargo, se ha encontrado que está asociado a la no aplicación de anestesia local, también se han descrito

en menor medida casos de hemorragia e infección (Guillot *et al.* 2011; Karacan *et al.* 2017; Woods *et al.* 2021).

Son múltiples las indicaciones para evaluar la médula ósea: anomalías persistentes o no explicables en el hemograma, como leucopenia, anemia no regenerativa, trombocitopenia, pancitopenia, leucocitosis y trombocitosis; también se solicita ante la sospecha de un tumor hematopoyético, mieloptisis, linfadenopatía y fiebre de origen desconocido o alteraciones bioquímicas, como hipercalcemia inexplicable e hiperproteinemia con gammapatía monoclonal o policlonal (Bain 2001; Byers 2017; Kohart *et al.* 2017; Mylonakis y Hatzis 2014). En general, son presentaciones inespecíficas y comunes al hombre, caninos y felinos; no obstante, cuando se descartan etiologías frecuentes que permitan comprenderlas, el examen de la médula ósea será imperativo y realmente útil para definir el diagnóstico (Bedu-Addo *et al.* 2013). El objetivo de esta revisión es presentar un panorama general de las indicaciones más frecuentes para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos y hallazgos reportados en la literatura.

MÉTODO

Se realizó una búsqueda de artículos originales en las bases de datos PubMed, ScienceDirect, Scopus, SciELO y Lilacs. Se utilizaron términos MeSh para reducir la búsqueda a artículos de interés: *bone marrow neoplasms*, *bone marrow examination*, *congenital bone marrow failure syndromes*, *bone marrow failure disorders*; estos se combinaron con el operador booleano AND con las palabras *dog* y *cat*. Con el propósito de definir las indicaciones más frecuentes para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos, se

incluyeron publicaciones con un mínimo de cinco pacientes, sin limitar por periodo de publicación.

Las indicaciones para evaluar la médula ósea en caninos y felinos son heterogéneas, los autores usualmente las describen de acuerdo con manifestaciones clínicas o anormalidades persistentes en exámenes complementarios (Abella-Bourgès *et al.* 2005; Mylonakis y Hatzis 2014; Raskin y Messick 2012; Stacy y Harvey 2017). Sin embargo, para favorecer su abordaje junto con la diferenciación de los hallazgos comunes en el análisis de este tejido, se agrupan como trastornos malignos y benignos (Berg 2021; Khoury *et al.* 2022). Los primeros reúnen aquellas condiciones clínicas que orientan a la sospecha de procesos proliferativos descontrolados que se originan a nivel medular o de otro tejido u órgano y los segundos acogen afecciones que se presentan con respuesta periférica, pero que comprometen de forma secundaria un órgano o tejido, como la médula ósea, y que, generalmente, no revisten gravedad o presentan mejor respuesta terapéutica (Beck 2008).

Trastornos benignos

La anemia es una manifestación frecuente en la clínica de pequeñas especies y es secundaria a múltiples condiciones clínicas. En procesos benignos, se debe a la carencia de vitaminas o minerales, a cuadros de infección crónica o aguda por hemoparásitos, hemorragia, exposición a toxinas, tratamientos farmacológicos y trastornos autoinmunitarios (Chikazawa y Dunning 2016; Hanisch *et al.* 2018; Naigamwalla *et al.* 2012; Ramaiah 2018). Teniendo en cuenta las múltiples afecciones relacionadas con el desarrollo de anemia, la evaluación de la médula ósea no se encuentra indicada a menos que la causa

no pueda ser explicada mediante valoración clínica o exámenes complementarios no invasivos. Sin embargo, en casos de anemia hemolítica inmunomediada, se han descrito cambios en muestras medulares, tales como dismielopoiesis, mielonecrosis, mielofibrosis, edema intersticial, hemorragia, inflamación aguda y síndrome hemofagocítico, que implican variaciones terapéuticas (Weiss 2008).

También se han encontrado hipoplasia eritroide y diseritropoyesis, las cuales pueden explicarse por la destrucción no solo de eritrocitos maduros, sino de precursores eritroides medulares mediados por inmunoglobulinas (Akiyoshi *et al.* 2021).

Por otra parte, ciertos microorganismos pueden causar infección con compromiso medular, lo cual lleva a que, en algunos casos, su diagnóstico se realice a partir de muestras de médula ósea (Mylonakis y Hatzis 2014). De este modo, la leishmaniasis, enfermedad producida por un parásito intracelular obligado en macrófagos y células dendríticas, ocasiona afecciones cutáneas o viscerales. En cuadros clínicos sistémicos, los protozoos migran a diferentes tejidos, incluida la médula ósea, y desarrollan alteraciones hematológicas, como anemia marcada, disminución del recuento de eosinófilos, linfocitos y monocitos (Nicolato *et al.* 2013). Cuando no es posible identificar los amastigotes en piel o sangre, la evaluación de la médula ósea es crucial para la observación o detección de estos (Joob y Wiwanitkit 2017). De esta manera, se han descrito múltiples cambios en la médula ósea en relación con el proceso infeccioso, como hipoplasia de la serie eritroide, formación de granulomas, reducción de células hematopoyéticas, principalmente precursores monocíticos, aumento de tejido adiposo y hallazgo de eritrofagocitosis (Momo *et al.* 2014).

Asimismo, *Hepatozoon* spp. puede migrar a la médula ósea y producir alteraciones como neutropenia y trombocitopenia persistentes. Se ha descrito la presencia de diferentes estadios intracelulares o extracelulares en este tejido, así como hiperplasia monocítica, aumento de la fagocitosis y relación mieloide eritroide disminuida; al contrario, otros autores han descrito hiperplasia mieloide con megacariocitos normales en morfología y número (Marchetti *et al.* 2009; Shimokawa Miyama *et al.* 2011). De igual forma, *Babesia* spp. puede infiltrar la médula ósea y en algunas infecciones subclínicas se requiere citología de aspirado medular con el objetivo de demostrar su presencia. Las observaciones celulares incluyen serie mieloide normal e hiperplasia eritroide, consecuente con la hemólisis ocasionada por este parásito (Van de Maele *et al.* 2008).

Por otro lado, la histoplasmosis es una enfermedad causada por un hongo dimórfico intracelular facultativo de macrófagos y monocitos, afinidad que le permite generar cuadros de micosis sistémica en los que se puede ver comprometida la médula ósea (Brömel y Sykes 2005). Es una condición más común en felinos y se expresa con un cuadro clínico muy inespecífico, con o sin citopenias; se requiere evaluación medular cuando no ha sido posible la identificación del microorganismo en sangre u otro tejido y se han descrito eritrofagocitosis, principalmente sobre eritrocitos maduros que sobre precursores (Schaefer *et al.* 2019).

En relación con bacterias, están las infecciones por *Ehrlichia* spp. y *Anaplasma* spp., dos microorganismos intracelulares obligados, que en la progresión a fase crónica producen cuadros clínicos indistinguibles, con múltiples alteraciones en la médula ósea. Usualmente, la infección se refleja con pancitopenia o bicitopenia en sangre

periférica, manifestaciones que requieren la evaluación de la médula ósea para su estudio. Se han descrito hipoplasia, disminución en el índice mieloide eritroide, reducción marcada de tejido hematopoyético y aumento en el número de adipocitos (Holanda *et al.* 2019; Mylonakis *et al.* 2010; Neves *et al.* 2021). En menor medida, se ha reportado el hallazgo de bacterias del género *Mycobacterium* en aspirados de médula ósea de caninos y felinos con cuadros clínicos inespecíficos (Campora *et al.* 2011; Latimer *et al.* 1997; O'Toole *et al.* 2005).

Otros trastornos benignos para evaluación de la médula ósea incluyen el diagnóstico diferencial en alteraciones hematológicas inducidas por intoxicaciones, infecciones de origen viral, como distemper o parvovirus, sepsis, enfermedad renal crónica y el seguimiento de terapias con medicamentos inmunosupresores o quimioterapéuticos (Borin-Crivellenti *et al.* 2014; Girardi *et al.* 2017; Mylonakis y Hatzis 2014; Ramaiah 2018; Salem *et al.* 2010; Torres *et al.* 2017). Asimismo, en el campo de la toxicología forense, se ha descrito el uso de médula ósea canina y felina para la detección de plaguicidas ante la sospecha de envenenamiento (Marcelino *et al.* 2020).

Trastornos malignos

Entre las condiciones malignas se encuentran los trastornos linfoproliferativos, como leucemias linfoides agudas o crónicas, y el mieloma múltiple; y las enfermedades mieloproliferativas, como leucemias mieloides agudas, crónicas y mielodisplásicas (Khouri *et al.* 2022).

En el abordaje de la anemia desde la malignidad, existe un panorama con cuadros clínicos más severos. Es común cuando el paciente cursa con una neoplasia

hematológica, principalmente de carácter agudo, por lo cual es necesario realizar un examen de la médula ósea para definir la enfermedad (Aceña Fabián y Gascón Pérez 2001).

La neoplasia mielodisplásica se caracteriza por citopenias periféricas y metabolismo alterado del hierro. En la médula ósea se identifican cambios displásicos, sideroblastos en anillo y variaciones en los patrones de maduración, y, aunque no son clasificados como condiciones malignas, cuando estas alteraciones morfológicas superan más del 10% de la línea celular, se las considera parte del desarrollo de neoplasias. La mielodisplasia es más frecuente en felinos positivos al virus de la leucemia felina (Ide *et al.* 2003; Marchi *et al.* 2021; Shimoda *et al.* 2000).

Las neoplasias hematológicas se agrupan según la línea que está comprometida. En ese orden se encuentran las alteraciones mieloproliferativas y linfoproliferativas (Aceña Fabián y Gascón Pérez 2001). Entre las primeras, las leucemias mieloides agudas son de curso rápido; se caracterizan por leucocitosis marcada, anemia y trombocitopenia, y se pueden originar a partir de mieloblastos, monoblastos o megacarioblastos. El diagnóstico se hace a través del aspirado de médula ósea, donde se observa más del 20% de blastos y cambios displásicos (Davis *et al.* 2018; Ledieu *et al.* 2005).

Ahora bien, en las leucemias mieloides crónicas hay un aumento en la proliferación celular con tendencia a la maduración, y en la evaluación de la médula ósea es común encontrar aumento en las líneas mieloide granulocítica y megacariocítica con un bajo porcentaje de blastos, inferior al 7%, hipoplasia eritroide y displasia de las demás líneas celulares. El predominio celular dependerá del tipo de línea mieloide

afectada (Azakami *et al.* 2019; Gelain *et al.* 2006; Marino *et al.* 2017).

Un trastorno mieloproliferativo crónico poco frecuente en caninos y felinos es la policitemia vera, que se caracteriza por un aumento en la producción de células rojas sin aumento de los niveles de eritropoyetina en sangre (Beurlet *et al.* 2011). En este cuadro se han observado médulas óseas hiper celulares con predominio de serie eritroide (Kay *et al.* 2018). Por otro lado, la trombocitemia esencial es una neoplasia mieloproliferativa en la que hay aumento en la producción de megacariocitos, lo que conlleva trombocitosis en la periferia. El diagnóstico de ambos trastornos se da a partir de la evaluación de la médula ósea y la identificación de la mutación (V617F), que se localiza en la región que codifica el dominio pseudoquinasa de la proteína JAK2 (Beurlet *et al.* 2011; Mizukoshi *et al.* 2006).

Finalmente, entre los trastornos mieloproliferativos está la mielofibrosis, distinguida por la proliferación de fibroblastos que reemplazan el tejido hematopoyético. En muestras de médula ósea en las que se sospecha esta enfermedad, es importante evaluar la celularidad global y el contenido de fibras de reticulina; esta última es la base para la gradación de la fibrosis (Montes-Moreno *et al.* 2014). Comúnmente, el desarrollo de mielofibrosis es secundario a leucemias, linfomas agudos, necrosis medular, anemia hemolítica inmunitaria y terapias farmacológicas a largo plazo (Iwanaga *et al.* 2012; Weiss y Smith 2002).

En cuanto a los trastornos linfoproliferativos, las leucemias linfoides agudas son más frecuentes en perros y gatos; en estos últimos se asocia con la infección por el virus de la leucemia felina. Estas neoplasias cursan con leucocitosis marcadas

a expensas de blastos circulantes, anemia y trombocitopenia (Aceña Fabián y Gascón Pérez 2001). Por otra parte, entre los trastornos linfoproliferativos crónicos de células maduras, la leucemia linfóide crónica cursa con linfocitosis en periferia, con valores superiores a las 10.000 células por mm³. En ambos grupos de enfermedades, el diagnóstico hematológico se realiza a través del examen de la médula ósea (Vail *et al.* 2007). Asimismo, el mieloma múltiple es una neoplasia de células B diferenciadas en plasmocitos, que se caracteriza por hiperproteinemia a expensas de globulinas monoclonales. El diagnóstico se realiza mediante el mielograma, en el cual se observan recuentos de células plasmáticas clonales, superiores al 5% (Vail *et al.* 2007).

Por último, la neoplasia hematológica más frecuente en caninos es el linfoma. Puede surgir de cualquier tejido, principalmente linfóide, como linfonodos, bazo y médula ósea. En esta enfermedad, el aspirado de médula ósea se utiliza para clasificar los casos como estadio V, en el que hay presencia de linfocitos neoplásicos que infiltran la médula ósea (Aresu *et al.* 2015; Aubry *et al.* 2014).

RESULTADOS

Indicaciones frecuentes descritas en la literatura

En cuanto a caninos y felinos, son escasas las publicaciones que reúnen información general de las indicaciones más frecuentes para la realización de aspirados o biopsias de médula ósea; por tanto, no hay claridad si el predominio es de trastornos benignos o malignos. Sin embargo, Weiss (2006) evaluó de manera retrospectiva la prevalencia de trastornos medulares en 717

reportes de muestras de médula ósea de caninos, realizados durante ocho años en un hospital veterinario de Minnesota, y halló, con mayor frecuencia, anemia no regenerativa inmunomediada, aplasia pura de glóbulos rojos, necrosis de médula ósea, mielofibrosis y síndrome hemofagocítico. Observó, además, casos de dismielopoiesis y síndromes mielodisplásicos. Las neoplasias más frecuentes fueron leucemia aguda, leucemia crónica y linfoma maligno en estadio V.

Al aplicar los criterios de búsqueda, se encontraron un total de 27 estudios, estos fueron publicados en los últimos 41 años y el 70% de estos fueron en caninos. Se dividieron en indicaciones benignas o malignas para la evaluación de la médula ósea (tabla 1).

Entre las publicaciones de hallazgos benignos, la mayoría fueron indicaciones para el diagnóstico diferencial o complementario de enfermedades infecciosas, leishmaniasis, ehrlichiosis y anaplasmosis en pacientes positivos por serología en zonas endémicas para el agente causal. Los objetivos de la evaluación de la médula ósea en estos casos fueron la identificación morfológica de los microorganismos en este tejido, así como la caracterización de los cambios celulares que permitieran comprender las anomalías en sangre periférica que presentaban los pacientes

(Savani *et al.* 2005; Steindel *et al.* 2013). Adicionalmente, en el caso de la leishmaniasis, se buscó identificar si los hallazgos en la médula ósea podrían asociarse con la carga parasitaria, al pronóstico, a la presentación clínica o al grado de progresión de la enfermedad (Momo *et al.* 2014; Nicolato *et al.* 2013). Se encontró que, en casos de ehrlichiosis y anaplasmosis, el paciente puede desarrollar pancitopenia periférica; en este escenario es preciso evaluar la presencia de mielofibrosis en la médula ósea (Mylonakis *et al.* 2010).

Entre otras indicaciones benignas para emplear aspirado de médula ósea, se encuentra el diagnóstico de citopenias persistentes e inexplicables en caninos o la asociación de estas con la infección por el virus de la inmunodeficiencia felina; la mayoría cursaba con anemias moderadas a severas y trombocitopenia. El análisis cuantitativo y cualitativo de los hallazgos permitió definir cuadros de hiperplasia, hipoplasia o médulas óseas sin cambios aparentes y concluir que el uso de esta herramienta diagnóstica cobra mayor relevancia en pacientes que cursan con bicitopenia o pancitopenia (Dircks *et al.* 2009; Fujino *et al.* 2009; Girardi *et al.* 2017; Miller y Lunn 2007). Adicionalmente, en pacientes con anemia no regenerativa persistente, se diagnosticó anemia inmunomediada dada por un mecanismo de fagocitosis

TABLA 1. Características de especie, número de individuos y tipo de trastorno en artículos seleccionados

Variable	Caninos n (%)	Felinos n (%)	Total
Total de individuos	585	109	694
Trastornos benignos	10 (53)	1 (12)	11
Trastornos malignos	9 (47)	7 (88)	16
Número de estudios	19	8	27

Fuente: elaboración propia.

de precursores eritroides en médula ósea (Lucidi *et al.* 2017).

Por otra parte, 16 estudios se asociaron con indicaciones malignas, cinco de estos se realizaron con el objetivo de evaluar infiltración de neoplasias en tejido medular, principalmente linfomas para estadificación según criterios de la Organización Mundial de la Salud. En los casos de infiltración, fue común la presencia de citopenia periférica (Aresu *et al.* 2015; Aubry *et al.* 2014; Purzycka *et al.* 2020). En uno de los estudios se evaluó la presencia de leucemia en pacientes diagnosticados con linfoma multicéntrico (Raskin y Krehbiel 1989); otro reportó mastocitosis sistémica con infiltración medular (Marconato *et al.* 2008).

Asimismo, en las indicaciones malignas, tres de los estudios confirmaron el diagnóstico de neoplasias linfoproliferativas crónicas, leucemia linfoide crónica y mieloma múltiple en felinos. En el primero, los pacientes cursaron con marcada linfocitosis en sangre, pérdida de peso y letargia (Campbell *et al.* 2013). En el segundo, las manifestaciones clínicas más frecuentes incluyeron dolor y anorexia con alteración en pruebas bioquímicas, como hipergammaglobulinemia, azotemia renal e hipercalcemia. En estos estudios, el aspirado de médula ósea permitió hacer el diagnóstico diferencial del mieloma múltiple frente a infecciones crónicas, como leishmaniasis, ehrlichiosis, peritonitis infecciosa felina, amiloidosis y linfoma de células B (Hanna 2005; Patel *et al.* 2005).

En felinos, uno de los estudios evaluó la citopenia periférica y halló síndrome mielodisplásico, en cuyo caso la mayoría de los pacientes cursaba con bicitopenia o pancitopenia y cambios displásicos en neutrófilos, eritrocitos y plaquetas (Shimoda

et al. 2000). Otro de los estudios describió cuadros de anemia grave, con aplasia pura de células rojas; en la clínica, los pacientes manifestaban letargo y anorexia; los aspirados de médula ósea tenían en común la ausencia de precursores eritroides identificables y una alta proporción de linfocitos pequeños, sin anomalías en megacariocitos o células mieloides (Stokol y Blue 1999).

En los demás estudios con indicación maligna, se requirió la evaluación de la médula ósea para el diagnóstico de neoplasia mieloproliferativa, la mayoría leucemias agudas. En estos casos, los pacientes presentaron anemia, trombocitopenia y leucocitosis marcada con o sin presencia de blastos en circulación y síntomas como pérdida de peso, hepatoesplenomegalia y letargo (Antognoni *et al.* 2003; Cristo *et al.* 2019; Davis *et al.* 2018; Jain *et al.* 1981; Tochetto *et al.* 2011).

En una de las publicaciones, se estudió la mielofibrosis en caninos, los cuales presentaron anemia no regenerativa, leucopenia y pancitopenia. El diagnóstico de esta condición se asoció con anemia hemolítica inmunomediada, neoplasia, tratamiento farmacológico de larga duración y ehrlichiosis (Weiss y Smith 2002).

El contraste de la información disponible en caninos y felinos frente a los humanos es significativo, por ejemplo, la publicación realizada por Bashawri (2002) partió de 1.813 reportes de biopsias y aspirados de médula ósea llevados a cabo en un periodo de doce años en un hospital del Reino de Arabia Saudita y describió como indicaciones más frecuentes el diagnóstico y manejo de la leucemia aguda (22,2%), la estadificación de linfomas (15,2%), pancitopenia (11,9%), trombocitopenia (9,5%), anemia persistente (8,3%), fiebre de origen desconocido (7,2%), linfadenopatía

(6,6%) y hepatoesplenomegalia (4,4%) (Bashawri 2002).

Asimismo, con la implementación de herramientas complementarias como citoquímica (Raskin *et al.* 2022), biología molecular para detectar clonalidad o mutaciones puntuales, inmunofenotipo por citometría de flujo o inmunohistoquímica y citogenética (Evans 2023; Figueiredo *et al.* 2012; Jaensch *et al.* 2022; Stokol *et al.* 2017) ha sido posible avanzar en diagnósticos más exactos, con terapias dirigidas que cuenten con mayor seguridad y eficacia, buscando acercarse a la frecuencia de solicitud y disponibilidad con la que se cuenta en medicina humana (Haran *et al.* 2020; Pawlak *et al.* 2013; Schiffman y Breen 2015).

CONCLUSIONES

La evaluación de la médula ósea en medicina veterinaria es escasa, siendo más frecuente en caninos que en felinos, pese a que las anormalidades hematológicas son comunes en ambas especies. Esto se relaciona con la etiología viral en las alteraciones periféricas en felinos; sin embargo, el esclarecimiento de la condición en curso es de gran importancia para definir tratamientos específicos para cada paciente.

La anemia es común a múltiples enfermedades; no obstante, el abordaje de la condición sin explicación o después de un manejo terapéutico sin respuesta o resistente a este requiere aspirado o biopsia de médula ósea como instrumento de diagnóstico.

La indicación del examen de médula ósea es más común para evaluar procesos malignos, siendo indispensable para concluir el diagnóstico, pronóstico, estadificación y seguimiento.

Asimismo, las manifestaciones clínicas causadas por algunos microorganismos son diversas e inespecíficas, y ante la sospecha de infección con compromiso medular, reflejada como alteraciones persistentes en el hemograma sin otra explicación, se requiere la evaluación de la médula ósea, ya que permite no solo hacer el diagnóstico diferencial, sino evaluar el grado de afectación y compromiso medular en el paciente.

La información disponible en el área de veterinaria contrasta con la medicina humana en cuanto a periodicidad, actualización y avances, esto a pesar de la frecuencia de alteraciones hematológicas en los pacientes caninos y felinos, así como el bajo riesgo para la obtención de la muestra. Con este escenario, es conveniente desarrollar más estudios que favorezcan el aumento en la implementación y el progreso de la evaluación medular.

COMITÉ DE ÉTICA

No se realizó experimentación con animales.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

El estudio no recibió financiación.

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no utilizaron inteligencia artificial.

REFERENCIAS

- Abella-Bourguès N, Trumel C, Chabanne L, Di-
quérou A. 2005. Myélogramme et biopsie de
moelle osseuse. EMC-Vétérinaire. 2(2):74-95.
<https://doi.org/10.1016/j.emcvet.2005.05.001>
- Aceña Fabián MC, Gascón Pérez F. 2001. Las
alteraciones de la médula ósea en el perro
y el gato. Clínica Veterinaria De Pequeños
Animales. 21(3):0232-0249. Disponible
en: [https://dialnet.unirioja.es/servlet/
articulo?codigo=3471311](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3471311)
- Afkhami M, Vergara-Lluri M, Brynes RK, Siddiqi
IN. 2014. Peripheral blood smears, bone marrow
aspiration, trephine and clot biopsies: Methods
and protocols. En: Day CE, editor. Histopa-
thology: Methods and protocols. Nueva York:
Springer New York. pp. 257-269. [https://doi.
org/10.1007/978-1-4939-1050-2_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1050-2_14)
- Akiyoshi M, Hisasue M, Neo S, Akiyoshi M. 2021.
Precursor-targeted immune-mediated anemia in
a dog with a stage iv mast cell tumor and bone
marrow infiltration. Veterinary Clinical Pathol-
ogy. 50(1):151-157. [https://doi.org/10.1111/
vcp.12982](https://doi.org/10.1111/vcp.12982)
- Antognoni MT, Mangili V, Spaterna A, Fru-
ganti G. 2003. Acute myeloid leukemia in
five dogs: Clinical findings and cytochemical
characterization. Veterinary Research Commu-
nications. 27(SUPPL. 1):367-371. [https://doi.
org/10.1023/B:VERC.0000014182.29882.03](https://doi.org/10.1023/B:VERC.0000014182.29882.03)
- Aresu L, Martini V, Rossi F, Vignoli M, Sampaolo
M, Aricò A, Laganga P, Pierini A, Frayssinet
P, Mantovani R *et al.* 2015. Canine indolent
and aggressive lymphoma: Clinical spectrum
with histologic correlation. Veterinary and
Comparative Oncology. 13(4):348-362. [https://
doi.org/10.1111/vco.12048](https://doi.org/10.1111/vco.12048)
- Aubry OA, Spangler EA, Schleis SE, Smith AN.
2014. Evaluation of bone marrow aspirates
from multiple sites for staging of canine lym-
phoma and mast cell tumours. Veterinary and
Comparative Oncology. 12(1):58-66. [https://
doi.org/10.1111/j.1476-5829.2012.00331.x](https://doi.org/10.1111/j.1476-5829.2012.00331.x)
- Azakami D, Saito A, Ochiai K, Ishiwata T, Taka-
hashi K, Kaji N, Kaji D, Michishita M. 2019.
Chronic basophilic leukemia in a dog. Journal
of Comparative Pathology. 166(1):5-8. [https://
doi.org/10.1016/j.jcpa.2018.10.170](https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2018.10.170)
- Bain BJ. 2001. Bone marrow aspiration. J Clin
Pathol. 54(9):657-663. [https://doi.org/10.1136/
jcp.54.9.657](https://doi.org/10.1136/jcp.54.9.657)
- Bashawri LA. 2002. Bone marrow examination.
Indications and diagnostic value. Saudi Medical
Journal. 23(2):191-196. Disponible en: [https://
pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11938397/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11938397/)
- Bauer NB, Harr KE. 2022. Bone marrow evaluation.
Schalm's Veterinary Hematology. p. 1285-1294.
<https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch141>
- Beck N. 2008. Diagnostic hematology. Spring-
er Science & Business Media. [https://doi.
org/10.1007/978-1-84800-295-1](https://doi.org/10.1007/978-1-84800-295-1)
- Bedu-Addo G, Ampem Amoako Y, Bates I. 2013.
The role of bone marrow aspirate and trephine
samples in hematological diagnoses in patients
referred to a teaching hospital in ghana. Ghana
Med J. 47(2):74-78. Disponible en:
[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/
PMC3743116/pdf/GMJ4702-0074.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3743116/pdf/GMJ4702-0074.pdf)
- Berg S. 2021. Knochenmarkveränderungen am
kindlichen Skelett [Pediatric bone marrow
alterations]. Der Radiologe. 61(1):87-108.
<https://doi.org/10.1007/s00117-020-00792-1>
- Beurlet S, Krief P, Sansonetti A, Briend-Marchal A,
Kiladjian JJ, Padua RA, Chomienne C, Cassinat
B. 2011. Identification of jak2 mutations in
canine primary polycythemia. Exp Hematol.
39(5):542-545. [https://doi.org/10.1016/j.
exphem.2011.02.003](https://doi.org/10.1016/j.exphem.2011.02.003)
- Borin-Crivellenti S, Crivellenti LZ, Carvalho MB,
Santana AE. 2014. Bone marrow cytological
evaluation in dogs with chronic kidney disease.
Arq Bras Med Vet Zootec. 66(6):1751-1756.
<https://doi.org/10.1590/1678-7739>
- Brömel C, Sykes JE. 2005. Histoplasmosis in
dogs and cats. Clin Tech Small Anim Pract.
20(4):227-232. [https://doi.org/10.1053/j.
ctsap.2005.07.003](https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2005.07.003)
- Byers CG. 2017. Diagnostic bone marrow sampling
in cats. Currently accepted best practices. Journal
of Feline Medicine and Surgery. 19(7):759-767.
<https://doi.org/10.1177/1098612X17714356>
- Campbell MW, Hess PR, Williams LE. 2013.
Chronic lymphocytic leukemia in the cat:
18 cases (2000-2010). Veterinary and

- Comparative Oncology. 11(4):256-264. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5829.2011.00315.x>
- Campora L, Corazza M, Zullino C, Ebani VV, Abramo F. 2011. *Mycobacterium avium* subspecies hominissuis disseminated infection in a basset hound dog. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 23(5):1083-1087. <https://doi.org/10.1177/1040638711418616>
- Chikazawa S, Dunning MD. 2016. A review of anemia of inflammatory disease in dogs and cats. J Small Anim Pract. 57(7):348-353. <https://doi.org/10.1111/jsap.12498>
- Cristo TG, Biezu G, Noronha LF, Gaspar T, Dal Pont TP, Withoeft JA, Furlan LV, Costa LS, Traverso SD, Casagrande RA. 2019. Feline leukemia virus associated with leukemia in cats in Santa Batarina, Brazil. Journal of Comparative Pathology. 170(1):10-21. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2019.05.002>
- Davis LL, Hume KR, Stokol T. 2018. A retrospective review of acute myeloid leukemia in 35 dogs diagnosed by a combination of morphologic findings, flow cytometric immunophenotyping and cytochemical staining results (2007-2015). Veterinary and Comparative Oncology. 16(2):268-275. <https://doi.org/10.1111/vco.12377>
- Dircks BH, Schuberth HJ, Mischke R. 2009. Underlying diseases and clinicopathologic variables of thrombocytopenic dogs with and without platelet-bound antibodies detected by use of a flow cytometric assay: 83 cases (2004-2006). Journal of the American Veterinary Medical Association. 235(8):960-966. <https://doi.org/10.2460/javma.235.8.960>
- Dogan A, Demircioglu S. 2022. Diagnostic importance of bone marrow aspiration evaluation: A single-center study. Pak J Med Sci. 38(4 Part-II):811-815. <https://doi.org/10.12669/pjms.38.4.4797>
- Evans SJM. 2023. Flow cytometry in veterinary practice. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 53(1):89-100. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2022.07.008>
- Figueiredo JF, Culver S, Behling-Kelly E, Breen M, Friedrichs KR. 2012. Acute myeloblastic leukemia with associated bcr-abl translocation in a dog. Veterinary Clinical Pathology. 41(3):362-368. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2012.00450.x>
- Fujino Y, Horiuchi H, Mizukoshi F, Baba K, Goto-Koshino Y, Ohno K, Tsujimoto H. 2009. Prevalence of hematological abnormalities and detection of infected bone marrow cells in asymptomatic cats with feline immunodeficiency virus infection. Veterinary Microbiology. 136(3):217-225. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.11.007>
- Gelain ME, Antoniazzi E, Bertazzolo W, Zaccolo M, Comazzi S. 2006. Chronic eosinophilic leukemia in a cat: Cytochemical and immunophenotypic features. Veterinary Clinical Pathology. 35(4):454-459. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2006.tb00164.x>
- Gilotra M, Gupta M, Singh S, Sen R. 2017. Comparison of bone marrow aspiration cytology with bone marrow trephine biopsy histopathology: An observational study. J Lab Physicians. 9(3):182-189. https://doi.org/10.4103/JLP.JLP_117_16
- Girardi AF, Campos AN, Pescador CA, De Almeida ADBPF, Mendonça AJ, Nakazato L, Sousa VRF. 2017. Quantitative analysis of bone marrow in pancytopenic dogs. Semina. Ciencias Agrarias. 38(6):3639-3646. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3639>
- Guillot M, Rialland P, Nadeau ME, Del Castillo J, Gauvin D, Troncy E. 2011. Pain induced by a minor medical procedure (bone marrow aspiration) in dogs: Comparison of pain scales in a pilot study. Journal of Veterinary Internal Medicine. 25(5):1050-1056. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.00786.x>
- Hanisch F, Töresson L, Spillmann T. 2018. Cobalamin deficiency in dogs and cats. Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere. 46(5):309-314. <https://doi.org/10.15654/tpk-180458>
- Hanna F. 2005. Multiple myelomas in cats. Journal of Feline Medicine & Surgery. 7(5):275-287. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2004.12.005>
- Haran KP, Lockhart A, Xiong A, Radaelli E, Savickas PJ, Posey A, Mason NJ. 2020. Generation and validation of an antibody to canine cd19 for diagnostic and future therapeutic

- purposes. *Vet Pathol.* 57(2):241-252. <https://doi.org/10.1177/0300985819900352>
- Holanda LC, Almeida TL, Mesquita RM, Oliveira MB, Oliveira AF. 2019. Hematological observations in the blood and bone marrow of dogs naturally infected by *Ehrlichia* spp. and *Anaplasma* spp. *Ciência Animal Brasileira.* 20(1):1-12. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v20e-47686>
- Ide K, Momoi Y, Minegishi M, Sekiguchi M, Konno K, Iwasaki T. 2003. A severe hepatic disorder with myelodysplastic syndrome, treated with cytarabine ocfosfate, in a dog. *Australian Veterinary Journal.* 81(1-2):47-49. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2003.tb11423.x>
- Iwanaga T, Miura N, Miyoshi N, Endo Y, Momoi Y. 2012. Abnormal erythroid cell proliferation and myelofibrosis in a cat. *J Vet Med Sci.* 74(7):909-912. <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0268>
- Jaensch SM, Hayward DA, Boyd SP. 2022. Clinicopathologic and immunophenotypic features in dogs with presumptive large granular lymphocyte leukemia. *Aust Vet J.* 100(11):527-532. <https://doi.org/10.1111/avj.13199>
- Jain NC, Madewell BR, Weller RE, Geissler MC. 1981. Clinical-pathological findings and cytochemical characterization of myelomonocytic leukemia in 5 dogs. *J Comp Pathol.* 91(1):17-31. [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(81\)90041-4](https://doi.org/10.1016/0021-9975(81)90041-4)
- Joob B, Wiwanitkit V. 2017. Leishmaniasis: Bone marrow aspirate smear and rapid antibody test. *Turkish journal of hematology.* 34(4):380-380. <https://doi.org/10.4274/tjh.2017.0291>
- Karacan YY, Demircioğlu B, Ali R. 2017. Pain, anxiety, and depression during bone marrow aspiration and biopsy. *Agri.* 29(4):167-172. <https://doi.org/10.5505/agri.2017.90582>
- Kay W, Jr., Gambino JM, Lunsford KV, Mackin A, Shores A, Cooley J, Beasley MJ. 2018. Acute cerebrovascular event in a dog with polycythemia vera. *Can Vet J.* 59(7):755-758. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6005127/pdf/cvj_07_755.pdf
- Khoury JD, Solary E, Abba O, Akkari Y, Alaggio R, Apperley JF, Bejar R, Berti E, Busque L, Chan JKC *et al.* 2022. The 5th edition of the world health organization classification of haematolymphoid tumours: Myeloid and histiocytic/dendritic neoplasms. *Leukemia.* 36(7):1703-1719. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41375-022-01613-1>
- Kohart NA, Elshafae SM, Breitbach JT, Rosol TJ. 2017. Animal models of cancer-associated hypercalcemia. *Veterinary sciences.* 4(2):21. <https://doi.org/10.3390/vetsci4020021>
- Latimer KS, Jameson PH, Crowell WA, Robert Duncan J, Pamela Currin K. 1997. Disseminated mycobacterium avium complex infection in a cat: Presumptive diagnosis by blood smear examination. *Veterinary Clinical Pathology.* 26(2):85-89. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.1997.tb00716.x>
- Ledieu D, Palazzi X, Marchal T, Fournel-Fleury C. 2005. Acute megakaryoblastic leukemia with erythrophagocytosis and thrombosis in a dog. *Veterinary Clinical Pathology.* 34(1):52-56. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2005.tb00010.x>
- Lucidi CA, de Rezende CLE, Jutkowitz LA, Scott MA. 2017. Histologic and cytologic bone marrow findings in dogs with suspected precursor-targeted immune-mediated anemia and associated phagocytosis of erythroid precursors. *Vet Clin Pathol.* 46(3):401-415. <https://doi.org/10.1111/vcp.12502>
- Marcelino SA, Serakides R, Castro-Silva VN, Ramos ML, Ocarino NM, Melo MM. 2020. Use of bone marrow for detection of toxic chemicals for the elucidation of poisoning in forensic veterinary medicine. *Pesquisa Veterinária Brasileira.* 40:798-803. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6709>
- Marchetti V, Lubas G, Baneth G, Modenato M, Mancianti F. 2009. Hepatozoonosis in a dog with skeletal involvement and meningoencephalomyelitis. *Veterinary Clinical Pathology.* 38(1):121-125. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2008.00080.x>
- Marchi G, Busti F, Girelli D. 2021. The role of iron staining in myelodysplastic syndromes: A treasure trove of information. *Acta Haematol.* 144(3):250-251. <https://doi.org/10.1159/000511559>
- Marconato L, Bettini G, Giacoboni C, Romanelli G, Cesari A, Zatelli A, Zini E. 2008. Clinicopathological features and outcome for dogs with mast cell tumors and bone marrow involvement. *J Vet Intern Med.* 22(4):1001-1007. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2008.0128.x>

- Marino CL, Tran JN, Stokol T. 2017. Atypical chronic myeloid leukemia in a German shepherd dog. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 29(3):338-345. <https://doi.org/10.1177/1040638716689581>
- Miller MD, Lunn KF. 2007. Diagnostic use of cytologic examination of bone marrow from dogs with thrombocytopenia: 58 cases (1994-2004). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 231(10):1540-1544. <https://doi.org/10.2460/javma.231.10.1540>
- Mizukoshi T, Fujino Y, Yasukawa K, Matumoto H, Matsumura S, Nagasaki T, Ohno K, Tsujimoto H, Shimoda T. 2006. Essential thrombocythemia in a dog. *Journal of Veterinary Medical Science*. 68(11):1203-1206. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.1203>
- Momo C, Jacintho APP, Moreira PRR, Munari DP, Machado GF, Vasconcelos RdO. 2014. Morphological changes in the bone marrow of the dogs with visceral leishmaniasis. *Vet Med Int*. 2014;2014:150582. <https://doi.org/10.1155/2014/150582>
- Montes-Moreno S, Acevedo A, Besses C, Ferrández A, Fraga M, García JF, García M, Mayordomo-Aranda E, Menárguez J, Calzada R. 2014. Evaluación sistemática de la biopsia de médula ósea en casos de sospecha de mielofibrosis primaria. Propuesta de informe diagnóstico estandarizado. Consenso de expertos de las seap/sehh. *Revista Española de Patología*. 47(4):210-217. <https://doi.org/10.1016/j.patol.2014.06.003>
- Mylonakis M, Hatzis A. 2014. Practical bone marrow cytology in the dog and cat. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 65(3):181-196. <https://doi.org/10.12681/jhvm.15534>
- Mylonakis ME, Day MJ, Siarkou V, Vernau W, Koutinas AF. 2010. Absence of myelofibrosis in dogs with myelosuppression induced by *Ehrlichia canis* infection. *Journal of Comparative Pathology*. 142(4):328-331. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2009.09.003>
- Naigamwalla DZ, Webb JA, Giger U. 2012. Iron deficiency anemia. *Can Vet J*. 53(3):250-256. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3280776/pdf/cvj_03_250.pdf
- Neves CA, De Moraes RS, Ogliari K, Neto ACS, De Souza Ramos DG, Saturnino KC. 2021. Hematological and histopathological changes in medullar aplasia resulting from *Ehrlichia canis* infection in a border collie dog. *Acta Veterinaria Brasilica*. 15(4):275-280. <https://doi.org/10.21708/avb.2021.15.4.10149>
- Nicolato RC, Abreu RT, Roatt BM, Aguiar-Soares RD, Reis LES, Carvalho MG, Carneiro CM, Giunchetti RC, Bouillet LEM, Lemos DS. 2013. Clinical forms of canine visceral leishmaniasis in naturally *Leishmania infantum*-infected dogs and related myelogram and hemogram changes. *PloS one*. 8(12):e82947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082947>
- O'Toole D, Tharp S, Thomsen BV, Tan E, Payeur JB. 2005. Fatal mycobacteriosis with hepatosplenomegaly in a young dog due to *Mycobacterium avium*. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 17(2):200-204. <https://doi.org/10.1177/104063870501700220>
- Patel RT, Caceres A, French AF, McManus PM. 2005. Multiple myeloma in 16 cats: A retrospective study. *Veterinary Clinical Pathology*. 34(4):341-352. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2005.tb00059.x>
- Pawlak A, Obmińska-Mrukowicz B, Rapak A. 2013. The dog as a model for comparative studies of lymphoma and leukemia in humans. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. 67:471-480. <https://doi.org/10.5604/17322693.1050411>
- Purzycka K, Peters LM, Desmas I, Davies O, Chang YM, Lara-García A. 2020. Clinicopathological characteristics and prognostic factors for canine multicentric non-indolent t-cell lymphoma: 107 cases. *Veterinary and Comparative Oncology*. 18(4):656-663. <https://doi.org/10.1111/vco.12589>
- Ramaiah L. 2018. The hematopoietic system: Evaluation and data interpretation in nonclinical safety studies. En: McQueen CA, editor. *Comprehensive toxicology*. Tercera edición. Oxford: Elsevier. p. 396-465. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.64254-X>
- Raskin RE, Krehbiel JD. 1989. Prevalence of leukemic blood and bone marrow in dogs with multicentric lymphoma. *Journal of the American Veterinary Medical Association*.

- 194(10):1427-1429. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2470709/>
- Raskin RE, Messick JB. 2012. Bone marrow cytologic and histologic biopsies: Indications, technique, and evaluation. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 42(1):23-42. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.10.001>
- Raskin RE, Santangelo K, Polak K. 2022. Cytochemical staining and immunocytochemistry. *Schalm's veterinary hematology*. p. 478-499. <https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch61>
- Rindy LJ, Chambers AR. 2020. Bone marrow aspiration and biopsy. Statpearls: StatPearls Publishing. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/nbk559232/>
- Salem SI, Elgayed SSA, El-Kelany WM, El-Baky AAA. 2010. Diagnostic studies on acetaminophen toxicosis in dogs. *Global Veterinaria*. 5(2):72-83. Disponible en: [http://www.idosi.org/gv/gv5\(2\)10/2.pdf](http://www.idosi.org/gv/gv5(2)10/2.pdf)
- Savani ESM, Nunes VLB, Galati EAB, Castilho TM, Araujo FSd, Ilha IMN, Camargo MCGdO, Auria SRN, Floeter-Winter LM. 2005. Occurrence of co-infection by *Leishmania (Leishmania) chagasi* and *Trypanosoma (Trypanozoon) evansi* in a dog in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 100(7):739-741. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762005000700011>
- Schaefer DM, Rizzi TE, Royal AB. 2019. Hemophagocytosis and histoplasma-like fungal infection in 32 cats. *Veterinary clinical pathology*. 48(2):250-254. <https://doi.org/10.1111/vcp.12721>
- Schiffman JD, Breen M. 2015. Comparative oncology: What dogs and other species can teach us about humans with cancer. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 370(1673). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0231>
- Shimoda T, Shiranaga N, Mashita T, Hasegawa A. 2000. A hematological study on thirteen cats with myelodysplastic syndrome. *Journal of Veterinary Medical Science*. 62(1):59-64. <https://doi.org/10.1292/jvms.62.59>
- Shimokawa Miyama T, Umeki S, Baba K, Sada K, Hiraoka H, Endo Y, Inokuma H, Hisasue M, Okuda M, Mizuno T. 2011. Neutropenia associated with osteomyelitis due to *Hepatozoon canis* infection in a dog. *Journal of Veterinary Medical Science*. 73(10):1389-1393. <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0202>
- Stacy NI, Harvey JW. 2017. Bone marrow aspirate evaluation. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 47(1):31-52. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.07.003>
- Steindel M, Menin A, Evangelista T, Stoco PH, Marlow MA, Fleith RC, Pilati C, Grisard EC. 2013. Outbreak of autochthonous canine visceral leishmaniasis in Santa Catarina, Brazil. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*. 33(4):490-496. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000400013>
- Stensby JD, Long JR, Hillen TJ, Jennings JW. 2021. Safety of bone marrow aspiration and biopsy in severely thrombocytopenic patients. *Skeletal Radiology*. 50(5):915-920. <https://doi.org/10.1007/s00256-020-03623-5>
- Stokol T, Blue JT. 1999. Pure red cell aplasia in cats: 9 cases (1989-1997). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 214(1):75-79. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9887944/>
- Stokol T, Nickerson GA, Shuman M, Belcher N. 2017. Dogs with acute myeloid leukemia have clonal rearrangements in t and b cell receptors. *Front Vet Sci*. 4:76. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00076>
- Tochetto C, Souza TM, Barros CSL, Figuera RA. 2011. Epidemiological, clinical, hematological, and pathological aspects of acute erythroid leukemia (LMA M6) in cats. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*. 31(7):610-619. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000700011>
- Torres MM, Cruz FACS, Silva ÉP, Poletto D, Cayuela MAA, Mendonça AJ, Almeida ABPF, Sousa VRF. 2017. Relation between anemia and bone marrow features and serum erythropoietin in dogs with chronic kidney disease. *Pesqui Vet Bras*. 37(6):598-602. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000600011>
- Vail DM, Thamm DH, Liptak JM. Hematopoietic tumors. 2007. Withrow & MacEwen's Small Animal Clinical Oncology. Cuarta Edición. Saint Louis: W.B. Saunders. p. 699-784. <https://doi.org/10.1016%2FB978-072160558-6.50034-4>

- Van de Maele I, Savary-Bataille K, Gielen I, Daminet S. 2008. An unusual form of canine babesiosis. The Canadian Veterinary Journal. 49(3):283. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2249724/pdf/cvj49pg283.pdf>
- Weiss D. 2008. Bone marrow pathology in dogs and cats with non-regenerative immune-mediated hemolytic anemia and pure red cell aplasia. Journal of comparative pathology. 138(1):46-53. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2007.10.001>
- Weiss DJ. 2006. A retrospective study of the incidence and the classification of bone marrow disorders in the dog at a veterinary teaching hospital (1996–2004). Journal of veterinary internal medicine. 20(4):955-961. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2006.tb01811.x>
- Weiss DJ, Smith SA. 2002. A retrospective study of 19 cases of canine myelofibrosis. Journal of veterinary internal medicine. 16(2):174-178. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2002.tb02351.x>
- Woods GA, Simpson M, Boag A, Paris J, Piccinelli C, Breheny C. 2021. Complications associated with bone marrow sampling in dogs and cats. Journal of Small Animal Practice. 62(3):209-215. <https://doi.org/10.1111/jsap.13274>

Forma de citación del artículo:

Roldán–Carvajal, I. J., Jaramillo–Arbeláez, P. E., Velásquez, D. A. y Muñoz–Duque, J. D. (2023). Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura. Rev Med Vet Zoot. 70(3): e107686. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107686>

Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura

A. A. Cifuentes^{1*} , A. K. Leguizamón¹ , J. A. Zambrano¹ , M. A. Landines¹ 

Recibido: 8/02/2023. Aprobado: 31/10/2023

RESUMEN

La acuaponía es un sistema de producción que integra la acuicultura y la hidroponía, se destaca por su capacidad de producir alimentos de forma sostenible, promoviendo el reciclaje de nutrientes, el uso eficiente del agua y generando alimentos de alta calidad e inocuidad. Por ese motivo, el objetivo de este artículo de revisión fue compilar los conceptos más relevantes y avances alcanzados en la aplicación de esta técnica productiva mediante la exploración y sistematización de investigaciones publicadas en bases de datos de revistas indexadas durante la década 2012-2022. Los resultados obtenidos se organizaron en cuatro grandes categorías: 1. La acuaponía desde una perspectiva biológica; 2. viabilidad y rentabilidad del sistema acuapónico; 3. desarrollos ingenieriles, nuevas tendencias y tecnologías en acuaponía; y 4. aspectos ambientales y sociales de la acuaponía. La información científica y tecnológica compilada permitirá conocer el potencial, la viabilidad y adaptabilidad de los sistemas acuapónicos en un contexto de cambios ambientales, sociales y económicos. En ese sentido, la bibliometría, realizada con 55 publicaciones seleccionadas, permite identificar que el año de mayor producción científica en sistemas acuapónicos fue 2020, con 23% de la producción total en la década analizada, y que el 63% de las investigaciones se publicó en los últimos cinco años (2018 a 2022). Finalmente, por área temática, se encontró que el 44% de las investigaciones realizadas corresponden a la categoría “desarrollos ingenieriles, nuevas tendencias y tecnologías”, seguido por la “perspectiva biológica” y “aspectos ambientales y sociales” con 28% y 20%, respectivamente. El área con menor cantidad de publicaciones correspondió a “viabilidad y rentabilidad” (8% del total de referencias).

Palabras clave: acuaponía, nitrificación, viabilidad económica, sistemas acuícolas integrados.

Key factors and trends in aquaponic systems: literature review

ABSTRACT

Aquaponics, a production system that integrates aquaculture and hydroponics, stands out for its ability to produce food sustainably, promoting the recycling of nutrients, the efficient use of water and generating high quality and safe foods. For this reason, the objective of this review article was to compile the most relevant concepts and advances achieved in the application of this productive technique, through exploration and systematization of research published in indexed journal databases during the decade

¹ Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Departamento de Producción Animal. Carrera 45 #26-85, Bogotá D.C. Colombia.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: fisiopeces@unal.edu.co

between 2012 to 2022. Results obtained were organized into four large categories: 1. Aquaponics from a biological perspective; 2. viability and profitability of aquaponic systems; 3. engineering developments, new trends and technologies in aquaponics; and 4. environmental and social aspects of aquaponics. The information presented below will allow to know the potential feasibility and adaptability of aquaponic systems in the context of environmental, social, and economic changes. In this sense, bibliometrics, carried out in 55 selected publications, allows to identify the year 2020 as the highest scientific production in aquaponic systems with 23% of total production in the decade studied and that 63% of research was published in the last 5 years (2018 to 2022). Finally, by thematic area, it was found that 44% of the research carried out corresponds to the “engineering developments, new trends and technologies” category, followed by “biological perspective”, and “environmental and social aspects” (28% and 20%, respectively). The area with the lowest quantity of publications corresponded to “viability and profitability” (8% of the total references).

Keywords: aquaponics, nitrification process, economic viability, integrated aquaculture systems.

INTRODUCCIÓN

La acuaponía es una tecnología de producción de alimentos que integra sistemas acuícolas en recirculación (RAS, por sus siglas en inglés) con sistemas agrícolas hidropónicos (generalmente en sustrato inerte) para obtener de manera simultánea biomasa animal y vegetal (Love *et al.* 2015; Rakocy 2012). Los efluentes cargados de desechos metabólicos generados por los peces se utilizan como fuente de nutrientes para las plantas, las cuales actúan como filtro biológico y contribuyen a mantener la calidad del agua en rangos óptimos de producción a manera de una relación simbiótica. Lo anterior posiciona al sistema acuapónico como una tecnología productiva altamente sostenible y con una oferta de productos de valor diferenciado en el mercado (Greenfeld *et al.* 2019; Love *et al.* 2015).

Los sistemas acuapónicos se han establecido a nivel mundial desde la escala lúdica (*hobby*) hasta el nivel comercial, mostrando ventajas relacionadas con: 1. la reducción en el uso de agua en los cultivos, 2. la

disminución en el uso de agroquímicos y 3. el ahorro en el uso de fertilizantes durante el proceso productivo, pues los nutrientes requeridos por la planta se obtienen de las excreciones de los peces, lo cual permite la producción de alimentos bien valorados en mercados de países desarrollados, por su menor nivel de compuestos químicos y tendencia productiva orgánica (Mercado *et al.* 2019).

La presente revisión documenta los avances encontrados en la literatura, en función de cuatro categorías que permiten comprender a la acuaponía de manera puntual por medio de la búsqueda generada, discursiva y la abstracción temática.

METODOLOGÍA

La literatura revisada e incluida en este manuscrito se obtuvo tras la exploración de bases de datos de los siguientes recursos electrónicos: Academic Journals, Google Academic, Himdawi, Journals MDPI,

OpenEdition, Redalyc, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis Online y Wiley Online Library. Los criterios de elegibilidad de los artículos fueron: rango de publicación entre 2012 y 2022 y búsqueda por palabras clave como: “acuaponía”, “rentabilidad”, “desarrollo sostenible”, “innovación” y “seguridad alimentaria”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información extraída de la revisión de literatura se presenta en cuatro categorías: 1. la acuaponía desde una perspectiva biológica, 2. viabilidad y rentabilidad del sistema acuapónico, 3. desarrollos ingenieriles, nuevas tendencias y tecnologías en acuaponía y 4. aspectos ambientales y sociales de la acuaponía, con porcentajes de publicación de 28%, 8%, 44% y 20%, respectivamente.

La información recogida para esta revisión fue publicada en su mayoría en 2020 (23%). Además, el mayor número de artículos explorados (59%) en esta revisión proviene de 33 revistas y libros, seguido por publicaciones de la revista *Aquaculture* (16%), y en menor proporción de la revista *Aquaculture Engineering* (13%). La base de datos de revistas científicas de mayor uso en esta revisión corresponde a Science Direct (60%).

La acuaponía desde una perspectiva biológica

Desde el punto de vista biológico, se establecen tres enfoques: 1. microorganismos, 2. calidad de agua y relación nutrientes-planta y 3. animales.

Microorganismos

Para el desarrollo efectivo de la acuaponía, es crucial el ecosistema bacteriano por su influencia en el ciclo del nitrógeno

(Kasozi *et al.* 2021). Los microorganismos permiten que la materia orgánica excretada por los peces sea utilizada por las plantas (Somerville *et al.* 2014). En general, estos se involucran en los procesos de nitrificación, la descomposición de la materia orgánica, la desnitrificación, la mineralización del fósforo y el ciclo del hierro (Kasozi *et al.* 2021). Por tanto, tienen un papel clave en la productividad general del sistema, el bienestar de los peces y la salud de las plantas (Joyce *et al.* 2019).

A través de la secuenciación del ADN, se han caracterizado las poblaciones bacterianas en sistemas acuapónicos, lo cual revela su complejidad y diversidad (Kasozi *et al.* 2021). Se ha encontrado que la composición y estructura de las comunidades microbianas varía en cada estación del sistema acuapónico (estanques para peces, biofiltro, sedimentador, componente hidropónico, entre otros, según Munguía *et al.* 2015). Varios autores concuerdan en que es clave el conocimiento de la diversidad microbiana y la distribución funcional de estos microorganismos en los sistemas acuapónicos para optimizar el rendimiento del sistema (Bartelme *et al.*, Munguía-Fragozo *et al.* y Schmautz *et al.* en Kasozi *et al.* 2021).

Kasozi *et al.* (2021) reportaron que cada especie acuícola introduce una flora microbiana única en el sistema. La microbiota nitrificante se encarga de transformar amonio (NH_4^+) y amoniaco (NH_3) excretado por los peces o derivado de material orgánico en nitritos (NO_2^-) y luego nitratos (NO_3^-).

Las bacterias nitrificantes forman una relación estrecha y permanente con otras bacterias heterótrofas, protozoos y micrometazoos, los cuales degradan los compuestos biológicos en la sección de biofiltración del sistema (Rurangwa y

Verdegem 2015). Las bacterias heterótrofas se concentran en áreas donde se acumulan los residuos sólidos, mineralizándolos y proporcionando micronutrientes solubles para las plantas en los sistemas acuapónicos.

La sanidad radicular es esencial para la supervivencia de las plantas, para ello la composición y proporción adecuada de poblaciones microbianas próximas a la superficie de la raíz es determinante (Chagas *et al.* en Kasozi *et al.* 2021). En estudios previos, se encontró que la diversidad y la composición de las poblaciones microbianas está determinada por la especie de pez, se identificaron cepas microbianas involucradas en la promoción del crecimiento de las plantas, la inhibición de fitopatógenos y la disponibilidad de nutrientes a través de la biodegradación. Cepas aisladas de *Pseudomonas fluorescens* y *P. veronii* mostraron dicha capacidad en sistemas acuapónicos (Khalil *et al.* 2021).

Calidad de agua y relación nutrientes-planta

El establecimiento de un ecosistema microbiano funcional se mide indirectamente a través del monitoreo del pH y de los niveles de NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- : mantener estos parámetros en el rango óptimo favorece la presencia de microorganismos benéficos en sistemas acuapónicos y reduce la de patógenos. Por otra parte, la calidad del agua en sistemas acuapónicos se ve influenciada por las raciones ofrecidas a los animales y por la adición de nutrientes para las plantas (Maucieri *et al.* 2019).

Cuando se habla de un sistema en equilibrio, se refiere a que las plantas y los organismos acuáticos muestran crecimiento y desarrollo óptimos al establecer una relación mutualista; no obstante, en la mayoría de los casos, este equilibrio no se logra si el único aporte de nutrientes

proviene de las excreciones generadas por los peces, por lo que existen otros componentes que contribuyen a armonizar el sistema.

Lennard (2020) encontró que para el control del pH en sistemas acuapónicos conviene utilizar iones positivos como potasio y calcio, debido a que estos mejoran el crecimiento y el rendimiento de las plantas y favorecen la reducción de nitratos, la conductividad y la optimización en el uso del agua. En ese sentido, Da Silva y Fitzsimmons (2016b) proponen el uso de ácido fúlvico para prevenir la precipitación del hierro y mejorar su biodisponibilidad en las aguas residuales de la acuicultura. El ácido fúlvico aumenta la solubilidad del hierro en soluciones acuapónicas y puede proporcionar un gradiente de difusión para transportar el elemento a las raíces de las plantas.

El uso de aguas fitorremediadas para el desarrollo de sistemas acuapónicos implica tener en consideración aspectos como alta concentración de nutrientes, materia orgánica y compuestos inorgánicos disueltos en el agua como NH_3 y fósforo. Nuwansi *et al.* (2019) encontraron que aguas residuales pueden mezclarse con agua dulce en una proporción de 1:1 y emplearse de manera eficaz para la acuaponía, esto debido a que posiblemente suministraron nutrientes y bacterias nitrificantes al sistema acuapónico, mejorando la productividad a densidades y proporciones óptimas de peces y plantas (Nuwansi *et al.* 2021).

Animales

Para la formulación de soluciones nutritivas, se deben utilizar preferentemente fertilizantes simples y sustancias moduladoras del pH, teniendo en cuenta los valores óptimos de desarrollo de especies animales y vegetales (Maucieri *et al.* 2019). Luo *et al.* (2020) encontraron que la suplementación

de selenio en sistemas acuapónicos al cultivar Carpa Koi (*Cyprinus carpio* var. koi) y lechuga (*Lactuca sativa*) podría mejorar el crecimiento y el estado de salud de los peces, al aumentar su potencial ornamental sin disminuir el rendimiento de la lechuga.

En relación con otros parámetros como la salinidad en sistemas acuapónicos, Mariscal *et al.* (2012) usaron aguas subterráneas con bajo contenido de magnesio y cloruro, pero con alto nivel de calcio en un sistema de producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*), donde, tras la adición de $Mg(NO_3)_2$, los niveles de magnesio se recuperaron y las proporciones se acercaron a las del agua de mar requerida por el crustáceo.

Por otro lado, el efecto de las condiciones climáticas sobre la productividad de los sistemas acuapónicos también ha sido estudiado. Zou *et al.* (2016) observaron mejor productividad animal y vegetal en verano, posiblemente porque mayores temperaturas generan aumento de la actividad microbiana y del metabolismo de los peces.

Viabilidad y rentabilidad del sistema acuapónico

El modelo de producción acuapónica está orientado a la alta productividad en el marco del tratamiento de desechos, el uso eficiente del recurso hídrico, la eficiencia productiva y la oferta de alimentos producidos sin agroquímicos (Calderón *et al.* 2019). Se trata de un sistema que permite manejar diferentes combinaciones de plantas y animales, sigue los principios de la economía circular, permite el aprovechamiento de tierras no agrícolas, reduce el volumen de insumos requeridos y, por tanto, la tasa de desperdicio (Asciutto *et al.* 2019).

A pesar de que los sistemas acuapónicos requieren altos costos de establecimiento

por la construcción de invernaderos y sistemas hidráulicos para integrar los dos sistemas, se ha reportado que pueden llegar a tener menores costos de operación que los sistemas tradicionales, lo cual genera retornos combinados derivados de la venta de pescado y verduras (Asciutto *et al.* 2019). El componente vegetal del sistema produce los mayores volúmenes de biomasa, razón por la cual es importante contar con un mercado objetivo cercano, que posea alta demanda y niveles de valoración favorables para contribuir a la sostenibilidad económica (Asciutto *et al.* 2019; Bosma *et al.* 2017).

Love *et al.* (en Bosma *et al.* 2017) encontraron que el volumen y la regularidad productiva, así como el nivel de cualificación del personal, son factores determinantes para lograr la sostenibilidad económica. Las especies vegetales muestran ciclos productivos más cortos que el componente animal, lo que permite obtener más cosechas/año y se han encontrado índices de conversión alimenticia más eficientes que en peces (se cosechan hasta 9 kg de lechuga empleando efluentes acuícolas a partir del suministro de 1 kg de alimento). A nivel de comercialización, se emplean canales directos que incluyen mercados de agricultores, puestos agrícolas, agricultura apoyada por la comunidad (AAC) y canales indirectos compuestos por tiendas de comestibles, restaurantes, instituciones y mayoristas.

Por lo anterior, es conveniente realizar estudios de mercado para conocer la demanda potencial y así determinar la capacidad requerida del sistema acuapónico (Calderón *et al.* 2019). Se debe realizar un análisis financiero cuidadoso y definir un plan de negocios para determinar su rentabilidad potencial (Asciutto *et al.* 2017). La exitosa formulación y evaluación de proyectos de inversión en acuapónicos exige detallar la

tecnología necesaria para la construcción del sistema, determinar los costos totales y de infraestructura para estimar la inversión inicial, así como definir detalladamente los costos de producción, administración, venta y capital de trabajo requeridos (Calderón *et al.* 2019).

Según Bosma *et al.* (2017), los costos fijos incluyen el precio de la tierra, infraestructura, construcción e instalación, mientras que el costo variable más importante es la mano de obra (50% de los costos de producción) (Asciuto *et al.* 2019). Entre los costos totales de funcionamiento anual se debe incluir depreciación, mantenimiento, intereses, mano de obra, energía, agua, alimento para peces, trasplantes de plántulas y alevinos (Asciuto *et al.* 2019).

La viabilidad económica del sistema acuapónico depende de la elección de las especies y su nivel de valoración en el mercado (Bosma *et al.* 2017), de su ubicación geográfica (Love *et al.* 2015), del tamaño de la especie acuática y su rotación (Bosma *et al.* 2017). Los hallazgos sugieren comercializar en canales que permitan llegar directamente a los consumidores o clientes específicos por un precio más cercano al minorista, generando mayores ingresos. Asciuto *et al.* (2019) indican que la rentabilidad es mayor cuando se diversifican los ingresos vendiendo productos no alimenticios y servicios de capacitación o asesoría, además señalan que los sistemas acuapónicos comerciales a gran escala son más rentables que los sistemas más pequeños.

Desarrollos ingenieriles, nuevas tendencias y tecnologías en acuaponía

A nivel de ingeniería de los sistemas acuapónicos, se han realizado avances a través del desarrollo de prototipos modernos

(Castillo *et al.* 2016; Khandaker y Kotzen 2018; Rodríguez 2016), evaluación de insumos y materiales alternativos (Bich *et al.* 2020; Khandaker y Kotzen 2018), relación de biomasa vegetal/animal (Castillo *et al.* 2016; Paudel 2020), optimización de filtración (Adams *et al.* 2019; Diem *et al.* 2017; Rodríguez 2016; Shete *et al.* 2016), tasas de recirculación y retención hídrica (Dediu *et al.* 2012; Rodríguez 2016; Shete *et al.* 2016) y sistemas de información y modelación (Goddek y Keesman 2020; Goddek y Körner 2019; Lee y Wang 2020; Rodríguez 2016). Con ello se busca optimizar la calidad multidimensional del sistema acuapónico, obtener mayor control sobre los diversos procesos, además de predecir con mayor precisión los resultados productivos.

Teniendo en cuenta el mayor requerimiento de espacio del componente vegetal en los sistemas acuapónicos, los prototipos de diseño acuapónico desarrollados por Castillo *et al.* (2016), Rodríguez (2016) y Khandaker y Kotzen (2018) tienen como ventaja común un menor requerimiento de área y un mejor aprovechamiento del espacio al hacer uso del plano vertical. Rodríguez (2016) y Shete *et al.* (2016) indican que el caudal y tiempo de retención hidráulica afectan la eficiencia en la filtración, mientras que Diem *et al.* (2017) y Adams *et al.* (2019) demuestran la importancia de los sustratos para promover el adecuado crecimiento bacteriano en el sistema acuapónico.

El desarrollo de la ingeniería en la acuaponía ha contribuido notablemente a la optimización del sistema. Los estudios señalan que el área provee las herramientas necesarias para modificar condiciones en el sistema de acuerdo con las necesidades establecidas por el contexto y también aporta información valiosa sobre el funcionamiento

y estado del sistema, lo que resulta de gran utilidad a la hora de planificar proyectos acuapónicos y prever la aparición de inconsistencias que pongan en riesgo el equilibrio del sistema.

Los sistemas acuapónicos se caracterizan por su alto grado de estabilidad ambiental (Da Silva y Fitzsimmons 2016; Tanikawa *et al.* 2018), por ser sistemas fácilmente adaptables en función de las condiciones económicas y geoclimáticas de la zona donde se deseen implementar (Mohapatra *et al.* 2020). De esta manera, se han propuesto nuevas especies de peces (Oladimeji *et al.* 2020), vegetales (Brum y Bonifácio 2021; Oladimeji *et al.* 2020) y diseños del sistema (Mohapatra *et al.* 2020; Silva *et al.* 2018; Wu *et al.* 2018).

En algunos estudios, se han empleado fitasas en las raciones para peces y la inoculación de *Bacillus* spp. en el agua de cultivo, lo que demuestra los beneficios de estas medidas sobre la calidad del agua y sobre el bienestar animal (Silva y Fitzsimmons 2016). Por su parte, Doncato y Bonifácio (2021) mencionan que la aplicación de microelementos vía foliar o en el agua de cultivo pueden ser alternativas rentables de nutrición vegetal en sistemas acuapónicos salobres.

Addy *et al.* (2017) plantearon un sistema acuapónico productor de microalgas *Spirulina* spp. y *Chlorella* spp., lo cual muestra que la producción de microalgas puede realizarse sin afectar a los peces ni representar competencia para las plantas.

Adicionalmente, otros estudios se centran en el uso de nuevos materiales ligeros para fomentar la acuaponía en el campo del concepto de agricultura urbana (Mohapatra *et al.* 2020), el uso de sustratos económicos y más comunes para sustentar el componente vegetal (Oladimeji *et al.* 2020) y la promoción

del cultivo de especies vegetales con raíces aéreas para reducir costos de aireación (Silva *et al.* 2018).

Los sistemas acuapónicos son adaptables a las condiciones y necesidades de cada región, muestran potencial para ser establecidos en prácticamente cualquier zona, siempre y cuando se cuente con los conocimientos y garanticen las condiciones previas para su implementación. Aspectos como las plantas, los peces, la infraestructura e incluso el tipo de agua pueden llegar a ser modificados y adaptados según el objetivo de cada productor. Hoy en día, la tendencia se enfoca en el manejo de sistemas desacoplados, los cuales permiten manejar la calidad del agua más fácilmente, reaprovechar los minerales disueltos en los efluentes y realizar cualquier correctivo antes de suministrar el agua de los peces al componente hidropónico (Rodgers *et al.* 2022), los cuales constituyen una de las mejores alternativas de producción sostenible de alimentos (Körner *et al.* 2021).

Aspectos ambientales y sociales de la acuaponía

Recientemente, la acuaponía ha sido catalogada como una actividad productiva que contribuye a la sostenibilidad (Atlason *et al.* 2017). Muestra de ello es la compatibilidad de este esquema productivo con los estudios a través de enfoque holístico, como el basado en el análisis del ciclo de vida (ACV) (Forchino *et al.* 2017), la cuantificación de los impactos ambientales directos e indirectos, la visión integral macroeconómica, el uso de herramientas de evaluación de la sostenibilidad ambiental, los flujos de materiales y de energía vinculados a las prácticas de gestión del sistema y su consumo de energía (Maucieri *et al.* 2018).

Debido a que la adopción de tecnologías para sistemas acuapónicos se hace posible

por la viabilidad económica del proyecto (Abusin *et al.* 2020), por lo general las nociones de sostenibilidad en acuapónicos suelen verse orientadas principalmente al componente económico (Forchino *et al.* 2017). Sin embargo, König *et al.* (2018) señalan que un enfoque estratégico para cambiar las tecnologías de producción de alimentos está en inducir cambios en el comportamiento del consumidor para que los actores sociales, a través de actividades de consumo, producción y apropiación, se inclinen cada vez más hacia modelos de producción más limpios. En Europa, por ejemplo, existen instalaciones acuapónicas sin ánimo de lucro, de formación de proyectos bajo la economía social y solidaria, con el objetivo de influir en los consumidores e infundir en la conciencia sobre prácticas sostenibles y los lazos sociales dentro del contexto de acuicultura urbana (Beckers 2019).

Joesting *et al.* (2016) señala que los sistemas acuapónicos poseen potencial de desarrollo para promover la conservación de la biodiversidad contribuyendo a aliviar la presión sobre ecosistemas circundantes (Atlason *et al.* 2017). Estos sistemas de producción se han empleado como estrategia para restauración costera en hábitats de marismas, la prestación de servicios ecosistémicos y el cultivo de especies de plantas nativas. Para mitigar el impacto ambiental generado por la acuaponía, se han propuesto sistemas de tratamiento de sólidos a través de biodigestores (Aparecido *et al.* 2020; Opurum *et al.* 2017).

Para promover la seguridad alimentaria, la producción acuapónica a baja escala cumple una tarea primordial, debido a que facilita el abordaje de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 establecidos por la ONU, como el hambre cero y el acceso de todas las personas a

los alimentos (Forchino *et al.* 2017). Los sistemas acuapónicos de baja tecnología basados en diseños simples, fácil manejo y bajos costos de capital son adecuados para su implementación en diferentes regiones geográficas y áreas de producción (Birolo *et al.* 2020; Joesting *et al.* 2017). Varias de las prioridades y necesidades actuales convergen hacia el uso de recursos tecnológicos, debido a que este factor hace posible aumentar la productividad de las granjas acuícolas acuapónicas (Tumová *et al.* 2020), las cuales, en procesos de transferencia, permiten una creciente velocidad de avance e innovación en la operatividad. Sin embargo, aún persisten preocupaciones adicionales sobre aceptación de la producción acuapónica por parte de los consumidores, debido a que pueden presentarse riesgos como la contaminación cruzada (Nuwansi *et al.* 2020).

Berger (2020) muestra el impacto de prácticas productivas sostenibles como la acuaponía, en la cual se propone un modelo de granja urbana, libre de fertilizantes artificiales, antibióticos y pesticidas y generación de excedentes destinados para promover otras actividades no agrícolas. Dicho modelo detalla sinergias sociales y la diversificación de los modelos agrícolas centrados en la promoción y el *marketing* desde el enfoque empresarial. También desarrolla conceptos de huerta como servicio al consumidor, creación de empleo directo e indirecto y el uso de circuitos cortos de distribución.

CONCLUSIONES

Para su óptimo funcionamiento, los sistemas acuapónicos tienen como base fundamental el equilibrio biológico entre peces, plantas y microorganismos, siendo estos últimos esenciales para garantizar

los parámetros de calidad en el agua, la supervivencia y el desarrollo adecuado de animales y plantas. En ese sentido, aún están pendientes por resolver problemas existentes en el sistema acuapónico en relación con la nutrición vegetal y el control de fitoplagas y enfermedades, con el fin de obtener soluciones viables para el sistema acuapónico.

Desde la perspectiva económica, la acuaponía es altamente sostenible al seguir los principios de la economía circular, lo que permite el aprovechamiento de tierras no aptas para agricultura y reduce el volumen de insumos y desechos (Asciuto *et al.* 2019). Se trata de un sistema de producción que requiere una fuerte inversión inicial por la tecnología que puede llegar a requerir para su funcionamiento a nivel comercial; no obstante, con el paso del tiempo se puede percibir mayor beneficio al tener posibilidad de retornos combinados derivados de la venta de pescado y vegetales. Además, los productos acuapónicos están categorizados como limpios y *no commodity*, lo que permite que puedan ser comercializados en mercados locales y bajo niveles de valoración favorables para contribuir a la sostenibilidad económica.

El desarrollo de ingeniería en los sistemas acuapónicos contribuye de forma directa a la optimización y eficacia del sistema; los análisis son multidimensionales, esto permite obtener un mayor control y conocimiento de cada proceso de acuerdo con el contexto, lo que se traduce en una oferta cada vez más variada en materiales estructurales y sustratos, así como diversificación de especies animales y vegetales integradas, calidad de agua, control de flujos y temperaturas por bloque productivo, entre otros. El personal profesional en zootecnia, entre otros, debe tener la capacidad de planificar, prever y controlar

la aparición de inconsistencias que afecten el equilibrio del sistema.

Los desafíos ambientales a los que se enfrentan los sistemas de producción de alimento hoy en día exigen el uso de modelos de producción más limpios y sostenibles. En este sentido, la acuaponía sigue un enfoque estratégico, pues modifica las tecnologías tradicionales de producción de alimentos y se adapta más fácilmente a la demanda de producción limpia, a la vez que puede llegar a promover la seguridad alimentaria mediante modelos no comerciales de granjas urbanas. Además, la investigación en sistemas acuapónicos se puede enfocar de manera estratégica para la restauración ambiental y la prestación de servicios ecosistémicos, con el fin de reducir muchos de los riesgos asociados con la acuicultura tradicional.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses. El presente estudio se desarrolló mediante la revisión de bases de datos SINAB con el uso de credenciales institucionales, por tal motivo, la propuesta no fue sometida a estudio del Comité de Ética Institucional.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Las fuentes de financiación corresponden a recursos propios y recursos informáticos suministrados por la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a los integrantes de la línea de profundización en acuicultura del programa de Zootecnia en la Universidad

Nacional de Colombia Sede Bogotá por la construcción conjunta de documentos en el marco de procesos académicos y formativos.

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran no haber hecho uso de inteligencia artificial en la construcción y redacción de este manuscrito.

REFERENCIAS

- Abusin SAA, Mandikiana BW. 2020. Towards sustainable food production systems in Qatar: Assessment of the viability of aquaponics. *Global Food Security*. 25:100349. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100349>
- Adams B, Boyer T, Albrecht M, Ranglack DH, Bickford N. 2019. Micro-system aquaponics: testing designs for increased productivity. *Journal of Applied Aquaculture*. 32:95-106. <https://doi.org/10.1080/10454438.2019.1639582>
- Addy MM, Kabir F, Zhang R, Lu Q, Deng X, Current D, Griffith R, Ma Y, Zhou W, Chen P, Ruan R. 2017. Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresource Technology*. 245:27-34. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.151>
- Aparecido R, Cambuy V, Correia F, Couto R, Darci W, Dos Santos AC, Pelisson V, Siqueira EA. 2020. Potencial de produção de biogás de resíduos provenientes da criação de tilápia em sistema aquapônico. *Research, Society and Development*. 9(9):e155997131. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7131>
- Asciutto A, Schimmenti E, Cottone C, Borsellino V. 2019. A financial feasibility study of an aquaponic system in a Mediterranean urban context. *Urban Forestry y Urban Greening*. 38:397-402. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.02.001>
- Atlason RS, Danner RI, Unnthorsson R, Oddsson GV, Sustaeta F, Thorarinsdottir R. 2017. Energy Return on Investment for Aquaponics: Case Studies from Iceland and Spain. *BioPhysical Economics and Resource Quality*. 2(3). <https://doi.org/10.1007/s41247-017-0020-5>
- Beckers S. 2019. Aquaponics: a positive impact circular economy approach to feeding cities. *Field Actions Science Reports*. 20:78-84. Disponible en: <https://journals.openedition.org/factsreports/5757>
- Berger C. 2020. La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*. 1(1). <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Bich TTN, Tri DQ, Yi-Ching C, Khoa HD. 2020. Productivity and economic viability of snakehead *Channa striata* culture using an aquaponics approach. *Aquacultural Engineering*. 89:102057. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102057>
- Birolo M, Bordignon F, Trocino A, Fasolato L, Pascual A, Godoy S, Nicoletto C, Maucieri C, Xiccato G. 2020. Effects of stocking density on the growth and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a low-tech aquaponic system. *Aquaculture*. 529:735653. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735653>
- Bosma RH, Lacambra L, Landstra Y, Perini C, Poulie J, Schwaner MJ, Yin Y. 2017. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. *Aquacultural Engineering*. 78:146-154. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.07.002>
- Brum K, Bonifácio C. 2021. Micronutrient supplementation needs for halophytes in saline aquaponics with BFT system water. *Aquaculture*. 531:735815. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735815>
- Calderón DM, Olivas JM, Luján C, Ríos SH, Hernández J. 2019. Factibilidad económica y financiera de un sistema de producción acupónico de tilapia, lechuga y langostino de río en Delicias, Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia*. 27(77):5-11. <https://doi.org/10.33064/ijcuua2019772086>
- Castillo D, Zavala I, Ruiz JMJ, Radilla A, Nieto JT, Romero CA, González J. 2016. Implementation of an experimental nutrient film technique-type aquaponic system. *Aquaculture International*. 24:637-646. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9954-z>
- Da Silva B, Fitzsimmons K. 2016a. Use of *Bacillus* spp. to enhance phosphorus availability and serve as a plant growth promoter in aquaponics

- systems. *Scientia Horticulturae*. 211:277-282. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.005>
- Da Silva B, Fitzsimmons K. 2016b. The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. *Bioresource Technology*. 219:778-781. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.079>
- Dediu L, Cristea V, Xiaoshuan Z. 2012. Waste production and valorization in an integrated aquaponic system with baster and lettuce. *African Journal of Biotechnology*. 11(9):2349-2358. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2829>
- Diem NT, Konnerup D, Brix H. 2017. Effects of recirculation rates on water quality and *Oreochromis niloticus* growth in aquaponic systems. *Aquacultural Engineering*. 78(B):95-104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.05.002>
- Doncato KB, Bonifácio CS. 2021. Micronutrient supplementation needs for halophytes in saline aquaponics with BFT system water. *Aquaculture*. 531:735815. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735815>
- Forchino A, Lourguoui H, Brigolin D, Pastres R. 2017. Aquaponics and sustainability: The comparison of two different aquaponic techniques using the Life Cycle Assessment (LCA). *Aquacultural Engineering*. 77:80-88. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.03.002>
- Goddek S, Keesman K.J. 2020. Improving nutrient and water use efficiencies in multi-loop aquaponics systems. *Aquaculture International*. 28:2481-2490. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00600-6>
- Goddek S, Körner O. 2019. A fully integrated simulation model of multi-loop aquaponics: A case study for system sizing in different environments. *Agricultural Systems*. 171:143-154. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.010>
- Greenfeld A, Becker N, Bornman JF, Angel DL. 2019. Identifying knowledge levels of aquaponics adopters. *Environmental Science and Pollution Research*. 27:4536-4540. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06758-8>
- Joesting HM, Blaylock R, Biber P, Ray A. 2016. The use of marine aquaculture solid waste for nursery production of the salt marsh plants *Spartina alterniflora* and *Juncus roemerianus*. *Aquaculture Reports*. 3:108-114. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.01.004>
- Joyce A, Timmons M, Goddek S, Pentz T. 2019. Bacterial Relationships in Aquaponics: New Research Directions. In: *Aquaponics Food Production Systems Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*. pp. 145-161. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_6
- Kaszi N, Abraham B, Kaiser H, Wilhelm B. 2021. The complex microbiome in aquaponics: significance of the bacterial ecosystem. *Annals of Microbiology*. 71:1. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01613-5>
- Khalil S, Panda P, Ghadamgahi F, Rosberg A, Vetukuri R. 2021. Comparison of two commercial recirculated aquacultural systems and their microbial potential in plant disease suppression. *BMC Microbiology*. 21:205. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02273-4>
- König B, Janker J, Reinhardt T, Villarroel M, Junge R. 2018. Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of cleaner production*. 180:232-243. <https://doi.org/10.3390/su13084563>
- Körner O, Bisbis M, Baganz G, Baganz D, Staaks G, Monsees H, Goddek S, Keesman, K. 2021. Environmental impact assessment of local decoupled multi-loop aquaponics in an urban context. *Journal of cleaner production*. 313:127735. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127735>
- Lee C, Wang YJ. 2020. Development of a cloud-based IoT monitoring system for Fish metabolism and activity in aquaponics. *Aquacultural Engineering*. 90:102067. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102067>
- Lennard WA. 2020. A comparison of buffering species and regimes applied within a research-scale, recirculating aquaponics system. *Aquaculture and Fisheries*. 6(5):495-505. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.07.001>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>

- Luo XL, Rauan A, Xing JX, Sun J, Wu WY, Ji H. 2020. Influence of dietary Se supplementation on aquaponic system: Focusing on the growth performance, ornamental features and health status of Koi carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*), production of Lettuce (*Lactuca sativa*) and water quality. *Aquaculture Research*. 52(2):505-517. <https://doi.org/10.1111/are.14909>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.003>
- Maucieri C, Forchino AA, Nicoletto C, Junge R, Pastres R, Sambo P, Borin M. 2019. Life cycle assessment of a micro aquaponic system for educational purposes built using recovered material. *Journal of Cleaner Production*. 172:3119-312. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.097>
- Mercado I, Ramírez D, Cruz R, Díaz M, Jimenez J, García J, Miranda G, Beristain R, Rayas A. 2019. Aquaponic system with subsurface wetland for carp production (*Cyprinus carpio* L.), strawberry (*Fragaria x ananassa* (Duchesne ex Weston) and canola (*Brassica napus* L.). *Agroproductividad*. 12(11):93-98. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1520>
- Mohapatra BC, Chandan NK, Panda SK, Majhi D, Pillai BR. 2020. Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system. *Aquacultural Engineering*. 90:102100. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102100>
- Munguía P, Alatorre O, Rico E, Torres I, Cruz A, Ocampo RV, García JF, Guevara RG. 2015. Perspective for aquaponics systems: “omic” technologies for microbial community analysis. *Biomed Res Int*. ID 480386. <https://doi.org/10.1155/2015/480386>
- Nuwansi KKT, Verma AK, Chandrakant MH, Prabhath GPWA, Peter RM. 2021. Optimization of stocking density of koi carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*) with gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponic system using phytoremediated aquaculture wastewater. *Aquaculture*, 532:735993. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735993>
- Nuwansi KKT, Verma AK, Rathore G, Prakash C, Chandrakant MH, Prabhath GP. 2019. Utilization of phytoremediated aquaculture wastewater for production of koi carp (*Cyprinus carpio* var. *koi*) and gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponics. *Aquaculture*. 507:361-369. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.053>
- Oladimeji AS, Olufegba SO, Ayuba VO, Sololmon SG, Okomoda VT. 2020. Effects of different growth media on water quality and plant yield in a catfish-pumpkin aquaponics system. *Journal of King Saud University-Science*. 32(1):60-66. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.02.001>
- Opurum C, Nweke C, Nwyanwu C, Orji J. 2017. Biogas production from fish pond effluent supplemented with cow blood meal in a batch anaerobic digester system. *FUTO-JNLS*. 3(1):166-175. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32425.90722>
- Paudel SR. 2020. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): Effects of plant to fish biomass ratio. *Aquaculture*. 520:734971. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734971>
- Rakocy JE. 2012. Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. *Aquaculture Production Systems*. pp. 344-386. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch14>
- Rodgers D, Won E, Timmons M, Mattson N. 2022. Complementary Nutrients in Decoupled Aquaponics Enhance Basil Performance. *Horticulturae*. 8(2):111-120. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020111>
- Rodríguez LA. 2016. Evaluación de los efectos de la variación de caudal sobre los niveles de amonio, nitrato y pH de un prototipo de cultivo acuapónico. *Ingenio Magno*. 7(2):126-138. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1199>
- Rurangwa E, Verdegem M. C. 2015. Microorganisms in recirculating aquaculture systems and their management. *Reviews in aquaculture*. 7(2):117-130. <https://doi.org/10.1111/raq.12057>
- Schmautz Z, Graber A, Jaenicke S, Goesmann A, Junge R, Smits THM. 2017. Microbial diversity in different compartments of an

- aquaponics system. Archives of Microbiology, 199(4):613-620. <https://doi.org/10.1007/s00203-016-1334-1>
- Shete AP, Verma AK, Chadha NK, Prakash C, Peter RM, Ahmad I, Nuwansi KKT. 2016. Optimization of hydraulic loading rate in aquaponic system with Common carp (*Cyprinus carpio*) and Mint (*Mentha arvensis*). Aquacultural Engineering. 72-73:53-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.04.004>
- Silva L, Valdés D, Escalante E, Gasca E. 2018. Dynamic root floating technique: An option to reduce electric power consumption in aquaponic systems. Journal of Cleaner Production. 183:132-142. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.086>
- Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, Lovatelli A. 2014. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. En: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, p. 262. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>
- Tanikawa D, Nakamura Y, Tokuzawa H, Hirakata Y, Hatamoto M, Yamaguchi T. 2018. Effluent treatment in an aquaponics-based closed aquaculture system with single-stage nitrification-denitrification using a down-flow hanging sponge reactor. International Biodeterioration & Biodegradation. 132:268-273. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.04.016>
- Tůmová V, Klímová A, Kalous L. 2020. Status quo of commercial aquaponics in Czechia: A misleading public image? Aquaculture Reports. 18:100508. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100508>
- Wu H, Zou Y, Lv J, Hu Z. 2018. Impacts of aeration management and polylactic acid addition on dissolved organic matter characteristics in intensified aquaponic systems. Chemosphere. 205:579-586. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.089>
- Zou Y, Hu Z, Zhang J, Guimbaud C, Wang Q, Fang Y. 2016. Effect of seasonal variation on nitrogen transformations in aquaponics of northern China. Ecological Engineering. 94:30-36. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.063>

Forma de citación del artículo:

Cifuentes, A. A., Leguizamón A. K., Zambrano, J. A. y Landines, M. A. (2023). Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: Revisión de literatura. Rev Med Vet Zoot.70(3): e107673. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107673>

Corrección quirúrgica de ruptura traumática total de uretra membranosa en un canino: reporte de caso

L. N. Pedraza Castillo^{1*} , A. I. Roque Rodríguez¹ 

Recibido: 22/03/2023. Aprobado: 12/10/2023

RESUMEN

Este reporte de caso describe la reparación quirúrgica de una ruptura traumática total de uretra membranosa de un paciente macho canino de cinco años, raza mestiza, que fue atropellado tres días atrás por un automóvil. En este procedimiento se usó la técnica descrita por Fossum (2019) con modificaciones realizadas por la experiencia quirúrgica de los autores: se utilizó un punto de fijación prostático que permitió disminuir las fuerzas de tensión ejercidas por la vejiga y el tamaño del defecto. En casos de trauma abdominal, la presencia de comorbilidades se asocia a peor pronóstico, en este caso, el uroabdomen que fue tratado de forma inmediata. El paciente permaneció en posoperatorio durante cuatro semanas y catorce meses después, presentó perfecto funcionamiento del tracto urinario inferior con flujo normal de orina, por lo que se considera que la técnica fue exitosa. Se administraron antibióticos sistémicos, antiinflamatorios y el cierre completo de la herida se dio tres semanas después. El objetivo de este trabajo es presentar una técnica quirúrgica poco invasiva y con escasas complicaciones intraoperatorias en la cual se modifica el procedimiento quirúrgico convencional, lo que genera un resultado exitoso sin que sea necesaria la realización de una osteotomía púbica, la cual, además de ser altamente invasiva con los tejidos, es bastante dolorosa para el paciente.

Palabras clave: anastomosis, uroabdomen, lesión, cirugía veterinaria.

Surgical correction of traumatic total urethral rupture in a canine

ABSTRACT

This case report describes the surgical repair of a total traumatic rupture of the membranous urethra in a 5 years old, mixed-breed male canine patient who was hit three days earlier by a car. In this procedure, the technique described by Fossum (2019) was used with modifications made by the surgical experience of the authors, where a prostatic fixation point was used, allowing to reduce the tension forces exerted by the bladder and the size of the defect. In cases of abdominal trauma, comorbidities are associated with a worse prognosis, in this case, the uroabdomen was treated immediately. The patient remains in the postoperative period for 4 weeks and 14 months later presents a perfect function of the lower urinary tract with normal urine flow, considering that the technique was successful. Systemic antibiotics and anti-inflammatories were administered, and the wound was completely closed three weeks later. The objective of this work is to present a minimally invasive technique without

¹ Universidad de los Llanos. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Escuela de Ciencias Animales. Grupo de Investigación en Farmacología Experimental y Medicina Interna ELITE. Villavicencio, Meta, Colombia.

* Autor de correspondencia. Correo electrónico: npedraza@unillanos.edu.co

intraoperative complications in which the conservative procedure is modified, generating a successful result without the need for a pubic osteotomy which, in addition to being highly invasive with the tissues, is quite painful for the patient.

Keywords: anastomosis, uroabdomen, injury, veterinary surgery.

INTRODUCCIÓN

Una de las consecuencias del trauma abdominal puede ser el uroabdomen o uroperitoneo, que se define como la acumulación de orina en los espacios peritoneal o retroperitoneal debido a una ruptura del tracto urinario a lo largo de su trayecto (Chew 2012) con consecuencias que pueden causar aumento significativo de la morbilidad y mortalidad, aunque esto dependerá de la localización y la severidad del trauma. En la ruptura de las vías urinarias, es posible evidenciar la presencia de líquido libre en el abdomen, azotemia, hipercalemia y bradiarritmias (Cortellini y Humm 2018), sin embargo, la fuga de orina a tejidos adyacentes puede generar necrosis e irritación con aumento de la fibrosis periuretral, lo que conlleva mayor estimulación de la formación de estenosis (Degner y Walshaw 1996).

Diversos autores han reportado ampliamente que las causas de trauma uretral pueden derivar de diferentes mecanismos, entre los cuales pueden ser citados lesiones penetrantes (Anderson *et al.* 2006), trauma externo, fractura pélvica (Hassibi *et al.* 2019), obstrucción uretral, cálculos o neoplasias (Gwyneth *et al.* 2016), trauma abdominal cerrado (Chew 2012), entre otros. No obstante, la ruptura uretral es poco frecuente en pequeños animales y tiene una incidencia que varía entre 0,003% y 5% en perros (Kolata y Johnston 1975). Al momento de realizar el abordaje al paciente, es posible requerir un manejo conservador, en el cual se considera la cicatrización por segunda intención, un

manejo quirúrgico tradicional, el cual puede requerir la derivación urinaria permanente (Chew 2012) por medio de uretrotomía, la derivación urinaria temporal a través de cistotomía (cateterización prepública) (Fossum y O'Connor 2009) y/o la reparación primaria con anastomosis uretral (Tobias y Johnston 2012) o ambos, según su evolución, pues esta condición tratada de forma inadecuada puede estar asociada a lesiones potencialmente mortales (Chapple 2000). El tratamiento médico de la ruptura uretral se enfoca en cateterizar la uretra y permitir el drenaje de la vejiga (Culp y Silverstein 2014); en casos en los que no se puede colocar un catéter, existe ruptura uretral completa o fracaso del manejo médico, se requiere reparación quirúrgica (Kong *et al.* 2011).

Este reporte de caso tiene como objetivo mostrar una alternativa para la corrección de la ruptura total de uretra membranosa (intrapélvica), cuya presentación es de difícil resolución y en muchas ocasiones con resultados poco satisfactorios.

REPORTE DE CASO

Anamnesis

Se presenta al Centro Clínico Veterinario un paciente canino, macho, sin raza definida, de 5 años y 21 kg, con condición corporal 4/9, atropellado tres días atrás. El tutor reporta que el paciente no apoya el miembro posterior izquierdo, no come y ha tenido varios episodios de vómito, además de esto, desde el día anterior ha notado

aumento de la silueta abdominal. No se reportan detalles de los hechos ocurridos durante el accidente, sin embargo, se especifica que desde el día del accidente el paciente no orina, está deprimido y se niega a caminar.

Hallazgos al examen clínico

Se recibe un paciente con histórico de trauma abdominal cerrado en estado de deshidratación y deprimido. Frecuencia cardíaca de 180 latidos por minuto, frecuencia respiratoria de 39 respiraciones por minuto, 37 °C de temperatura, tiempo de llenado capilar de 3 segundos, motilidad digestiva ausente y presencia de hematomas en la región abdominal e inguinal, denominado signo de Grey Turner (Guldner y Magee 2021). Durante la exploración clínica, la presión arterial se encuentra en 124 mmHg presión sistólica, 80 mmHg presión diastólica y 94 presión arterial media, 98% de saturación de oxígeno. Se evidencia el aumento de la silueta abdominal, sin aparente dolor a la palpación. Se enlistan como diagnósticos diferenciales ruptura de vejiga y uroabdomen, hemoperitoneo, fractura de cadera.

Ayudas diagnósticas

Se realiza ecografía focalizada para trauma abdominal (AFAST, por sus siglas en inglés) (Boysen y Lisciandro 2013) como prueba para el reconocimiento temprano de líquido libre en el abdomen, que en este caso arroja un resultado positivo para la presencia de líquido abdominal en las cuatro ventanas. Posteriormente, se realiza abdominocentesis con el paciente en decúbito lateral derecho para lavado y colecta de líquido peritoneal y se determina el valor de creatinina, cuyo resultado es de 8 mg/dl. Se lleva a cabo un lavado peritoneal con cloruro de sodio 0,9% con el fin de

estabilizar al paciente y luego se procede a realizar una radiografía simple (figura 1), una uretrocistografía retrograda (figura 2) con medio de contraste positivo, en este caso iopramida (Ultravist®), en la cual se observa la disrupción uretral y zonas radiopacas en abdomen compatibles con la presencia de medio de contraste en el abdomen caudal, cuyo resultado es positivo para ruptura uretral. Se toman muestras de sangre para cuadro hemático y química sanguínea (ALT, creatinina, potasio, albúmina, calcio) en el que se observan como anomalías el aumento de creatinina en valores de 2,5 mg/dL y anemia normocítica hipocrómica. No fueron autorizadas la totalidad de los exámenes solicitados. Se realiza un electrocardiograma en el cual no se encuentran anomalías. Se sugiere la realización de laparotomía exploratoria para verificar daños adyacentes y ubicar y reparar el sitio exacto donde se produjo el rompimiento del tracto urinario inferior.



FIGURA 1. Proyección latero–lateral izquierda/derecha de abdomen. En la imagen se observa pérdida de la diferenciación del contorno de los órganos abdominales, densidad radiopaca compatible con líquido libre en el abdomen.

Fuente: elaboración propia.

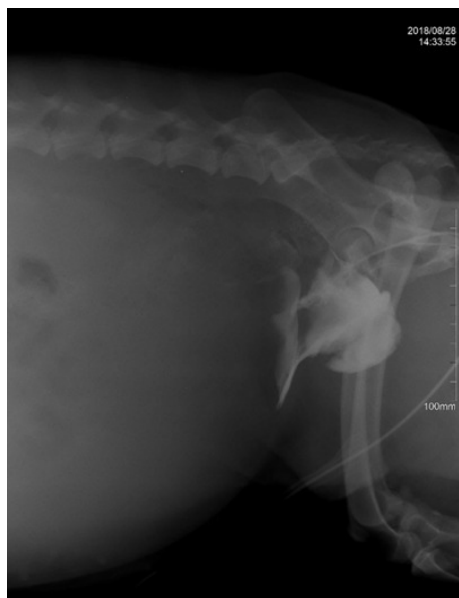


FIGURA 2. Uretrografía de contraste positivo retrógrada con iopamida (Ultravist®). En la imagen se observa la presencia del medio de contraste en la porción caudal del abdomen, lo que indica ruptura de vías urinarias inferiores.

Fuente: elaboración propia.

Tratamiento

Se inicia la estabilización del paciente con dos enfoques, uno médico y uno quirúrgico. Para el tratamiento médico, se instaura ceftriaxona a 30 mg/kg cada 12 horas vía intravenosa durante 10 días, tramadol 3 mg/kg cada 8 horas vía subcutánea por 10 días, ranitidina 2 mg/kg cada 8 horas durante 5 días subcutáneo y maropitan a 1 mg/kg cada 24 horas subcutáneo durante 5 días. Se instaura una fluidoterapia para reposición de líquidos con un cálculo de deshidratación del 6%. Posterior a la reposición de fluidos, se prepara el paciente para la cirugía. Para la anestesia se premedicó con midazolam a dosis de 0,2 mg/kg vía intravenosa y tramadol a dosis

de 2 mg/kg vía intravenosa. Se indujo con propofol a dosis de 3 mg/kg intravenoso y un mantenimiento con isoflurano al 2%, se manejó una fluidoterapia intraoperatoria con cloruro de sodio 0,9% a dosis intraoperatoria de 5ml/kg/h.

Antes de iniciar el procedimiento, se avanza un catéter uretral en dirección retrograda desde el meato urinario externo con el fin de ubicar los extremos y, además, permitir que este se expanda, ayudando a mantener la alineación y estabilización del proceso de cicatrización, se mantiene puesta con el fin de concluir la fijación durante el procedimiento y mantenerla durante el posoperatorio. Se ubica el paciente en decúbito dorsal y se inicia el procedimiento con una incisión abdominal por la línea media ventral en abdomen caudal.

Hallazgos intraoperatorios

Durante la laparotomía exploratoria, se identificó presencia de líquido libre en el abdomen de color rojo con baja viscosidad, hematoma de alrededor de seis centímetros de diámetro encapsulado lateral a la vejiga y ruptura total de uretra membranosa, que es la porción de la uretra desde el borde caudal de la próstata hasta el arco isquiático (Fossum y O'Connor 2009), donde se observa una separación de cerca de dos centímetros entre los extremos uretrales. Se extrajeron aproximadamente 450 ml de líquido libre con un aspirador quirúrgico.

Técnica quirúrgica

Se realiza cistotomía y paso del catéter urinario de forma anterógrada para identificar el extremo proximal y la sonda proveniente del meato urinario externo para continuar esta última hasta la vejiga. Se localizan los extremos transeccionados de la uretra y se realiza desbridamiento con delicadeza

para evitar lesiones del aporte sanguíneo o nervioso, en el momento en el que se intenta realizar la aproximación de los extremos se observa que la tensión ejercida somete los tejidos a fuerzas de separación que impiden la estabilidad de la sutura, por esta razón se propone la realización de una sutura de fijación prostática con poliglactina 910 2-0 (figura 3) con un punto de fijación, realizando tres nudos cirujanos dobles y dos simples (figuras 4 y 5). Posteriormente, se continúa con la técnica tradicional con una anastomosis de la uretra suturando los extremos con ocho suturas discontinuas reabsorbibles de poliglactina 910 calibre 4-0 sobre el catéter urinario, que además funciona como

guía. Una vez finalizada la anastomosis, se realiza omentalización de la sutura. Es importante mencionar que el objetivo de este punto de fijación prostático es dar soporte a la sutura principal realizada sobre la uretra, por tal motivo no es un punto con tensión excesiva. Se lleva a cabo orquiectomía preescrotal electiva. Debido a que se observó una irritación severa del peritoneo sugestiva de peritonitis, es necesario mantener un tubo de drenaje abdominal por 4 días con el fin de realizar lavados diarios para evitar la progresión a peritonitis. Se fija la sonda urinaria con sutura no absorbible prolene 2-0 con un patrón de sandalia romana para mantenerla durante el posoperatorio.

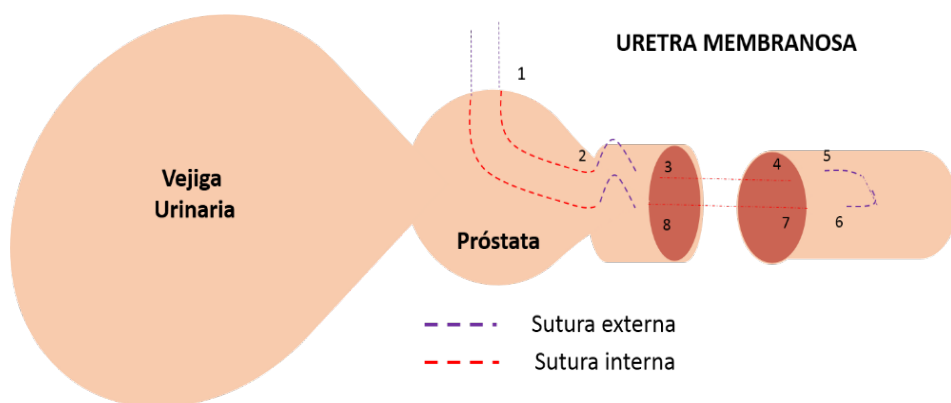


FIGURA 3. Punto de fijación prostático para la disminución de las fuerzas de tensión y el estrés de la sutura para la realización de anastomosis uretral. Zona periférica de la próstata. A través de la próstata, se introduce la aguja desde la zona dorsal de la próstata, atravesando la zona periférica del lóbulo derecho hasta la zona dorsal de la uretra membranosa, una vez allí se procede a atravesar el extremo proximal del mismo lado del defecto (derecho) pasando las cuatro capas de la uretra desde el exterior hasta el interior, posteriormente se atraviesa el lado distal del defecto desde el interior hasta el exterior de la uretra. A continuación, se devuelve la sutura por el mismo extremo distal del defecto, pero en el lado izquierdo esta vez desde la uretra haciendo una "U", atravesando el lado distal desde el exterior al interior, para luego sujetar el lado proximal desde el interior al exterior, y finalmente atravesar el lóbulo prostático izquierdo hasta la zona periférica dorsal donde finaliza.

Fuente: elaboración propia.

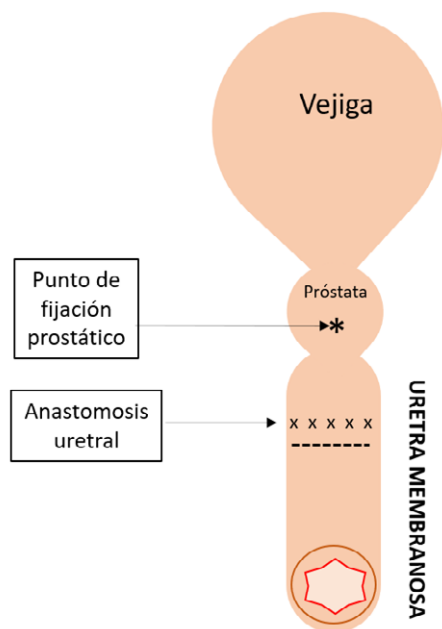


FIGURA 4. Apariencia final de la anastomosis uretral con el punto de fijación prostático.

Fuente: elaboración propia.



FIGURA 5. Punto de fijación prostático al final del procedimiento quirúrgico.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Luego de establecer el punto de fijación prostático, se evidenció la estabilización de la sutura, en la cual se mantuvieron con firmeza los puntos simples realizados en la anastomosis uretral. El paciente se mantiene con una sonda urinaria durante 4 semanas, con permanente evaluación ecográfica de abdomen y vejiga urinaria. A las 4 semanas se retira la sonda urinaria y se realiza nuevamente uretrocistografía (figura 6) contrastada para evaluación del contorno vesical y la integridad del procedimiento. Tras 14 meses del procedimiento, el paciente no ha presentado anomalías a la micción.



FIGURA 6. Uretrocistografía a las cuatro semanas de posoperatorio en la que se evidencia contorno vesical e integridad de la vejiga urinaria sin derrame de contraste en la cavidad abdominal.

Fuente: elaboración propia.

Complicaciones

Entre las complicaciones que se presentaron, la permanencia de una sonda urinaria por más de tres días generó uretritis (Holt 1989) que se mantuvo durante las primeras 48 horas después de retirada la

sonda, se trató con meloxicam a dosis de 0,2 mg/kg cada 24 horas el primer día y posteriormente tres días más a dosis de 0,1 mg/kg cada 24 horas.

Se observa que el paciente, en la medida en que se recupera, también mejora su estado de ánimo, consumo de alimento y agua. Una vez realizados los estudios de imagen de rutina pertinentes, no se evidencia presencia de líquido libre en el abdomen. Los controles ecográficos durante la primera semana se realizan cada 6 horas el primer día, cada 12 horas hasta los diez días y posteriormente una vez al día hasta el día quince.

DISCUSIÓN

El diagnóstico de ruptura uretral parte de la anamnesis y el examen físico del paciente junto con una elección adecuada de pruebas hematológicas y bioquímicas en sangre que podrán aproximarnos al diagnóstico (Sarah *et al.* 2020), sin embargo, se debe utilizar herramientas más específicas como la radiografía contrastada (uretrocistografía) y la ecografía (Stafford y Bartges 2013). En este estudio de caso, además del diagnóstico por imagen, se realizó una abdominocentesis que permitió la extracción de líquido libre en el abdomen con el fin de caracterizarlo y determinar los niveles de creatinina. De acuerdo con Colopy y Bjorling (2015), es posible diagnosticar uroabdomen cuando las concentraciones de creatinina en el líquido peritoneal superan los valores a niveles del doble de niveles en suero, en este paciente los resultados superaban tres veces los valores en sangre, esto confirma la presencia de uroabdomen y puede ser atribuido al tiempo de evolución del trauma superior a 48 horas.

El manejo conservador del traumatismo uretral se reporta generalmente como la opción con mejores resultados al momento de evaluar la resolución de la ruptura de la uretra, pues el epitelio uretral presenta excelentes propiedades regenerativas, estimulando de forma significativa la cicatrización por segunda intención, pero es importante recordar que esto será efectivo mientras se mantenga la continuidad de la mucosa del área traumatizada (Boothe 2000). En este caso, se realiza el abordaje a un canino macho, que por naturaleza son más propensos a sufrir trauma uretral, pues anatómicamente el anclaje de la uretra al isquion por medio de los músculos isquiocavernoso e isquiouretral los hace menos tolerantes a fuerzas de tensión (Addison y Yool 2018). En este paciente, la ruptura completa de la uretra con un espacio de separación en el defecto que supera la tensión permitida por los tejidos aumenta el grado de complejidad, lo cual dificulta la aproximación solo con anastomosis, por tanto la adecuada realización de la sutura es fundamental para el éxito de la técnica, pues la excesiva tensión compromete el flujo sanguíneo de la zona, generando necrosis (Horeman *et al.* 2013) y complicaciones por estenosis, previamente documentada como consecuencia de la anastomosis en ruptura uretral completa (Layton *et al.* 1987).

Aunque se reportan diferentes técnicas para la reparación de la ruptura uretral, para el caso de la ruptura total de uretra membranosa la única alternativa es quirúrgica, que puede requerir o no una derivación urinaria temporal (Monnet 2012). Cuando existen defectos demasiado grandes, la anastomosis directa de la sección de la uretra sin tensión en la línea de sutura evitará que haya aproximación de tejidos y dará como resultado la dehiscencia de la línea de sutura (Srithunyarat *et al.* 2012).

En este caso, se realizó anastomosis directa sin derivación urinaria, pues el punto de anclaje prostático junto con el manejo de catéter urinario fue suficiente, esto coincide con lo reportado en la literatura, donde se ha comprobado que las anastomosis realizadas con catéter uretral presentan menor riesgo de estenosis (Layton *et al.* 1987). Otra de las técnicas descrita como necesaria para este tipo de procedimientos es la osteotomía púbica (Tobias y Johnston 2012), debido a que mejora la exposición del defecto, especialmente a nivel de la uretra intrapélvica (membranosa); no obstante, en este caso no se requirió, pues el defecto fue fácilmente reparado con abordaje al hipogastrio por laparotomía. Prządka *et al.* (2019) reportó la realización de un procedimiento de prostatectomía total combinada con anastomosis uretral en un perro, sin embargo, además de ser una técnica radical, ya que elimina por completo la próstata junto con su porción uretral sin realizar osteotomía púbica, no es una técnica considerada para casos de ruptura uretral debido a que su principal consideración es el cáncer de próstata con ausencia de metástasis (Prządka *et al.* 2019).

Como material de sutura se utilizó poliglactina 910, pues, a pesar de que diferentes autores sugieren el uso de sutura monofilamentar, al reportar que la poliglactina 910 presenta menor capacidad para tolerar infecciones bacterianas y mayor posibilidad de ser rápidamente degradada por la presencia de orina (Tobias y Johnston 2012), también ha quedado en evidencia que su uso en tejido uretral ha tenido éxito e igualmente sigue siendo recomendada en procedimientos quirúrgicos de este tipo (Monnet 2012), ya que cuenta con otras importantes características como el mantenimiento de un 40% de su resistencia original a las

tres semanas (Tajirian y Goldberg 2010). Para este caso, la sutura uretral concentra la mayor atención y detalle, ya que se ha reportado ampliamente la presentación de estenosis uretral posquirúrgica debido a utilización de suturas gruesas, procesos inflamatorios severos con cicatrización excesiva y contaminación permanente de la herida (Fossum y O'Connor 2009), lo cual no ocurrió con este paciente, sin embargo, con el fin de mejorar los resultados de este procedimiento se realizó la técnica de *omentalización* que permite aprovechar las características fisiológicas del omento, el cual tiene funciones biológicas significativas en la regeneración de tejidos, en la regulación inmune, neovascularización y cicatrización (Nicola 2019). Con esta técnica se busca que el omento o epiplón se adhiera a la zona del defecto reparado con el fin de aislarlo, en procedimientos ya reportados se hace énfasis en su gran capacidad para generar migración de fibroblastos, mejorar el depósito de colágeno y estimular la formación de adherencias que favorecen el proceso de cicatrización en procedimientos como la ruptura uretral (Platell *et al.* 2000).

CONCLUSIONES

La utilización del punto de fijación prostático permitió corregir de forma adecuada la ruptura total de la uretra membranosa sin requerir osteotomía púbica. La aplicación de conceptos adecuados de técnica quirúrgica contribuyen a la obtención de un excelente resultado, sin embargo, es importante tener en cuenta aspectos como una precisa aposición uretral, hemostasia adecuada, cierre completo sin fugas y control de infecciones (Holt 1990), esto evitará la presentación de complicaciones quirúrgicas y posquirúrgicas.

REFERENCIAS

- Addison ES, Yool DA. 2018. Urethral Trauma. En: Textbook of Small Animal Emergency Medicine. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 641-645. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119028994.ch100>
- Anderson RB, Aronson LR, Drobatz KJ, Atilla A. 2006. Prognostic factors for successful outcome following urethral rupture in dogs and cats. Journal of the American Animal Hospital Association. 42(2):136-146. <https://doi.org/10.5326/0420136>
- Boothe HW. 2000. Managing traumatic urethral injuries. Clin Tech Small Anim Pract. 15(1):35-39. <https://doi.org/10.1053/svms.2000.7889>
- Boysen SR, Lisciandro GR. 2013. The use of ultrasound for dogs and cats in the emergency room. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 43(4):773-797. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.011>
- Chapple C. 2000. Urethral injury. BJU International. 86(3):318-326. <https://doi.org/10.1046/j.1464-410x.2000.00101.x>
- Chew. 2012. Urologia e nefrologia do cão e do gato. Segunda edición. Elsevier Brasil.
- Colopy S, Bjorling D. 2015. Urinary Tract Trauma: Approach to the Uroabdomen. En: Small Animal Surgical Emergencies. John Wiley & Sons, Ltd. p. 200-210. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118487181.ch19>
- Cortellini S, Humm K. 2018. Abdominal trauma in dogs 2. Management. In Practice. 40(1):2-10. <https://doi.org/10.1136/inp.k51>
- Culp WT, Silverstein DC. 2014. Thoracic and abdominal trauma. En: Small Animal Critical Care Medicine. Segunda edición. Elsevier Health Sciences. pp. 728-733. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=84987824810&partnerID=8YFLogxK>
- Degner DA, Walshaw R. 1996. Healing responses of the lower urinary tract. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 26(2):197-206. <https://doi.org/10.1053/svms.2000.7889>
- Monnet E. 2012. Small Animal Soft Tissue Surgery. Louis, Missouri: Elsevier/Saunders. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118997505>
- Fossum, TW. 2019. Small Animal Surgery. Quinta edición. Philadelphia: Elsevier.
- Fossum TW, O'Connor D. 2009. Cirugía en pequeños animales. Tercera edición. Texas: Elsevier.
- Guldner GT, Magee EM. 2021. Grey-Turner Sign. StatPearls Publishing. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534296/>
- Gwyneth KW, Dawn MM, Rhea LP, Brendon R. 2016. Rotational and axial pattern flaps in a cat for wound reconstruction secondary to urethral rupture. Journal of the American Animal Hospital Association. 52(1):52-56. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6144>
- Hassibi H, Rezaei M, Vosough D, Shahraki M. 2019. Traumatic urethral rupture, its surgical management with temporary cystostomy and concurrent wound reconstruction in a cat. BJVM. 22(4):493-500. <https://doi.org/10.15547/bjvm.2114>
- Holt P. 1990. Dysuria in the dog part 2: differential diagnosis of dysuria. In Practice. 12(4):147-153. <https://doi.org/10.1136/inpract.12.4.147>
- Holt PE. 1989. Hindlimb skin loss associated with urethral rupture in two cats. Journal of Small Animal Practice. 30(7):406-409. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1989.tb01591.x>
- Horeman T, Meijer E, Harlaar JJ, Lange JF, Dobbels J, van den, Dankelman J. 2013. Force sensing in surgical sutures. PLOS ONE. 8(12):e84466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084466>
- Jones S, Levy N, Pitt K. 2020. Iatrogenic urethral trauma during routine prescrotal orchiectomy in a dog. Topics in Companion Animal Medicine. 40:100435. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2020.100435>
- Kolata RJ, Johnston DE. 1975. Motor vehicle accidents in urban dogs: a study of 600 cases. J Am Vet Med Assoc. 167(10):938-941. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1184425/>
- Kong JPL, Bultitude MF, Royce P, Gruen RL, Cato A, Corcoran NM. 2011. Lower urinary tract injuries following blunt trauma: a review of contemporary management. Rev Urol. 13(3):119-130. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22114545/>
- Layton CE, Ferguson HR, Cook JE, Guffy MM. 1987. Intrapelvic urethral anastomosis. A

- comparison of three techniques. *Vet Surg.* 16(2):175-182. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950x.1987.tb00933.x>
- Monnet E. 2012. *Small Animal Soft Tissue Surgery*. Louis: Elsevier/Saunders. Disponible en : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118997505>
- Nicola V. 2019. Omentum a powerful biological source in regenerative surgery. *Regenerative Therapy*. 11:182-191. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2019.07.008>
- Platell C, Cooper D, Papadimitriou JM, Hall JC. 2000. The omentum. *World J Gastroenterol*. 6(2):169-176. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11819552/>
- Przadka P, Liszka B, Piatek A, Skrzypczak P, Dzimira S, Nizanski W, Rodak O, Kinda W, Biezynski J, Kielbowicz Z. 2019. Total prostatectomy combined with urethral anastomosis in a dog: a case report. *Veterinari Medicina*. 64(6):280-286. <https://doi.org/10.17221/134/2018-VETMED>
- Srithunyarat T, Pankhum S, Chuthatep S, Kalpravidh M. 2012. Ischial ostectomy in direct end-to-end anastomosis of the pelvic urethra in male dogs. *Research in Veterinary Science*. 93(1):473-477. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.07.002>
- Stafford JR, Bartges JW. 2013. A clinical review of pathophysiology, diagnosis, and treatment of uroabdomen in the dog and cat. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 23(2):216-229. <https://doi.org/10.1111/vec.12033>
- Tajirian AL, Goldberg DJ. 2010. A review of sutures and other skin closure materials. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*. 12(6):296-302. <https://doi.org/10.3109/14764172.2010.538413>
- Tobias KM, Johnston SA. 2012. *Veterinary surgery: small animal*. Elsevier/Saunders.

Forma de citación del artículo:

Pedraza Castillo, L. N. y Roque Rodríguez, A. I. (2023). Corrección quirúrgica de ruptura traumática total de uretra membranosa en un canino: reporte de caso. *Rev Med Vet Zoot.* 70(3): e107956. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107956>

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 en 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: 3 números por año en publicación continua.

- Para el envío de manuscritos a consideración del comité editorial de la revista es indispensable cumplir con los siguientes requisitos:
- 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.
- 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.
- 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.
- 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/remezvez>. Los artículos que no se ajusten a estas pautas serán devueltos a los autores sin haber sido considerados para evaluación.
- 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_fmrvbz@unal.edu.co
- 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 un (1) artículo de revisión por número. Esto implica que la revista publicará máximo tres (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/remezvez>. 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. 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 enlace: <https://orcid.org/register>. Junto con el manuscrito se deben adjuntar el "Formato información personal de autores" (uno por autor) y "Formato autorización para Publicación", que deberá ser firmado por todos los autores. Los formatos podrán ser descargados ingresando a la Plataforma (una vez se cree el usuario y contraseña).

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 cuatro) 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 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, el cual abarca terminología de la agricultura, silvicultura, pesca, medioambiente y temas afines <https://www.fao.org/agrovoc/es> o los Descriptores en Ciencias de la Salud (<https://dcs.bvsalud.org/E/homepagec.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 no 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 Valdi 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: https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A_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 abreviatura
- 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, punteadas 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 (Grado Celsius), %, +, - (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 esta ante el Comité Editorial en caso de ser requerido. La inclusión de autores honorarios (contribución autorial 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 se ajusta 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 académico.

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 reprobar 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 de este.

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:

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 \(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[org/licenses/by-nc-nd/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)) que permite a terceros compartir la obra siempre que se indique su autor y su primera publicación (esta revista).

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.

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. (Véase [El efecto del acceso abierto](#)).

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 con los criterios establecidos en el "Formato autorización para Publicación" que deberán firmar todos los autores.

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 con la Política de tratamiento de datos de la Universidad Nacional de Colombia. Para más información consultar el siguiente enlace: <https://unal.edu.co/proteccion-de-datos-personales>

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: 3 issues per year in continuous publication. 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: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez>. 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_fmzbog@unal.edu.co
6. Authors should carefully review the list and the order of the authors before submitting their manuscript and before submitting the "Authors Declaration 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 one (1) review article per issue will be published. This implies that the journal will publish maximum of three (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/remezvez>. 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. 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) and of "Publication agreement form" must be attached, which must be signed by all authors. The forms can be downloaded by logging into the Platform (once the username and password are created).

Document Format

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 four) 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 Food and Agriculture Organization of the United Nations-Fao (<https://www.fao.org/agrovoc/es>) and DeCS (<https://decs.bvsalud.org/E/homepagec.htm> and <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/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 not 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](https://doi.org/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 as 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 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) 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 (E.g. 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. 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/proteccion-de-datos-personales>

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 y 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 laticios (biotecnologia animal), Animais de estimação, Ciências Veterinárias, de acordo com a classificação da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Frequência de publicação: 3 números por ano em publicação contínua.

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 jornais técnico-científicos (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 revistas 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 encontra 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: “Informações pessoais formato autor” e “Formulário de autorização de publicação” ou preencher a informação pela página online da revista (https://docs.google.com/document/d/1rlyLeUJkvspB_kDg5dzBmCC-CCOpKQuKZn/edit?usp=sharing&oid=101166927995724622763&rtfpof=true&csd=true). 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/remezvez/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_fmzbog@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 “Formulário de autorização de publicação”. 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 de um (1) artigo de revisão por número. Isso implica que a revista publicará no máximo de três (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/remezvez/index>. 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. 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 anexadas as formas “Informações pessoais formato autor” (um por autor) ou declarar a informação na página online da revista e a forma “Formulário de autorização de publicação”, os quais devem ser assinados por todos os autores. Os formatos podem ser baixados no seguinte link: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez>.

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. Embora 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 seu significado 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 quatro) 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 multilingue Agrovoc**, criado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura–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/homepageec.htm> y <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.cfm.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/recipientes, 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 recebidos 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.

Os formatos para realizar a revisão acadêmica de artigos podem ser baixados nos seguintes links:

[Formato dos dados pessoais dos avaliadores](#)

[Formato de avaliação do artigo de pesquisa](#)

[Formato de avaliação do artigo de revisão](#)

[Formato de avaliação de reporte de caso](#)

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. Seria considerado falta de ética grave se o editor autorizasse 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 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>) 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 acesso aberto- UNESCO).
- 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 Veterinaria 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.

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 colar: <https://unal.edu.co/tratamiento-de-datos-personales.html>

ÍNDICE DE AUTORES DE LA REVISTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA, VOL 70 DE 2023

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Abril-Herrera, D. A.	Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos	N.º 3, e106045
Agudelo, P. M.	Biochemical blood profile in water buffalo: alterations related to natural infection by <i>Trypanosoma</i> spp	N.º 1, pp. 20–29
Arango-Gramajo, A.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Araújo, C.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139
Araújo, C. A.	Morfologia, produção e potencialidades na nutrição animal da melancia forrageira (<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>): uma revisão	N.º 1, pp. 111–128
Araújo, G. G. L.	Morfologia, produção e potencialidades na nutrição animal da melancia forrageira (<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>): uma revisão	N.º 1, pp. 111–128
Arce, C. D. J.	Evaluación y detección bioinformática de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa	N.º 3, e106011
Arias, A.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206-219
Arias, A.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Ávalos-Rodríguez, A.	Protocolo anestésico para periquito australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	N.º 2, pp. 164-171
Barrera-Mendoza, M.	Protocolo anestésico para periquito australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	N.º 2, pp. 164-171
Bastidas-Henostroza, J. A.	Niveles de pH gastrointestinal posprandial en juveniles de <i>Piaractus brachipomus</i> (Serrasalminidae) y <i>Schizodon fasciatus</i> (Anostomidae).	N.º 2, pp. 192-205
Borba, P. H. P.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Campos, F. S.	Morfologia, produção e potencialidades na nutrição animal da melancia forrageira (<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>): uma revisão	N.º 1, pp. 111–128
Campos, F. S.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139
Carvalho, D. C. O.	Morfologia, produção e potencialidades na nutrição animal da melancia forrageira (<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>): uma revisão	N.º 1, pp. 111–128
Chang, D. E.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Cifuentes, A. A.	Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura	N.º 3, e107673
Coasaca-Céspedes, J. J.	Niveles de pH gastrointestinal posprandial en juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> (Serrasalminidae) y <i>Schizodon fasciatus</i> (Anostomidae).	N.º 2, pp. 192–205
Contreras-Ibarra, A.	Ciclo estral de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Alouatta seniculus</i> : una revisión	N.º 3, e107133
Cuetto, L.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Estrada, G. E.	Entre la incertidumbre de la liberación y otras formas de uso de la fauna silvestre	N.º 1, pp. 45–64
Estrella-Silva, M. V.	Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador	N.º 3, e106892
Francia-Quiroz, J. C.	Niveles de pH gastrointestinal posprandial en juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> (Serrasalminidae) y <i>Schizodon fasciatus</i> (Anostomidae).	N.º 2, pp. 192–205
Gavazza, M. B.	Effect of silymarin on oxidative damage in chicken liver cell membranes	N.º 1, pp. 20–29
Gayozo, E.	Evaluación y detección bioinformática de terpenoides con potencial inhibitorio de la proteína viral 1 (VP1) del virus de la bursitis infecciosa	N.º 3, e106011
Gois, G. C.	Morfologia, produção e potencialidades na nutrição animal da melancia forrageira (<i>Citrullus lanatus</i> var. <i>citroides</i>): uma revisão	N.º 1, pp. 111–128
Gois, G. C.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Gómez, C. A.	Entre la incertidumbre de la liberación y otras formas de uso de la fauna silvestre	N.º 1, pp. 45–64
Gómez, D.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206-219
Gómez, D.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Gómez–Beltrán, D. A.	Impacto ecológico del insecticida fipronil: valoración de riesgos en humanos	N.º 1, pp. 65–84
Gonzales-Puetate, I. R.	Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador	N.º 3, e106892
Herrera-Barragán, J. A.	Protocolo anestésico para periquito australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	N.º 2, pp. 164-171
Jaramillo , I. L.	Frecuencia de calicivirus en felinos con signos respiratorios en Medellín, Colombia (2020)	N.º 1, pp. 10–19
Jaramillo, I. L.	Biochemical blood profile in water buffalo: alterations related to natural infection by <i>Trypanosoma</i> spp	N.º 1, pp. 20–29
Jaramillo-Arbeláez, P. E.	Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura	N.º 3, e107686
Jaramillo-Delgado, I. L.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Jaramillo-Delgado, I. L.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206-219
Jiménez-Escobar, C.	Ciclo estral de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Alouatta seniculus</i> : una revisión	N.º 3, e107133
Landines, M. A.	Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura	N.º 3, e107673
Leguizamón A. K.	Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura	N.º 3, e107673
Lima, D. O.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Marmunti, M. E.	Effect of silymarin on oxidative damage in chicken liver cell membranes	N.º 1, pp. 20–29
Martínez–Ocampo, J.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Martínez-Restrepo, G. L.	Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos	N.º 3, e106045
Medina-Arellano, D.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Mejía-Recinos, D.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Molina, V. M.	Frecuencia de calicivirus en felinos con signos respiratorios en Medellín, Colombia (2020)	N.º 1, pp. 10–19
Mora-Delgado, J. R.	Almacenamiento de carbono en suelos bajo pasturas de sistemas productivos lecheros altoandinos	N.º 3, e106045
Muñoz-Cadavid, C.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206–219
Muñoz-Cadavid, C.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Muñoz-Duque, J. D.	Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura	N.º 3, e107686
Novaes, J. J. S.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139
Ospina, A. J.	Phimosis in a cat: diagnosis, treatment and complications	N.º 2, pp. 172–178
Palacios, A.	Effect of silymarin on oxidative damage in chicken liver cell membranes	N.º 1, pp. 20–29
Palomino–Ramos, A. R.	Niveles de pH gastrointestinal posprandial en juveniles de <i>Piaractus brachipomus</i> (Serrasalminidae) y <i>Schizodon fasciatus</i> (Anostomidae).	N.º 2, pp. 192–205
Parra-Guayasamín, S. G.	Determinación de lesiones congénitas en encéfalo en canes mediante resonancia magnética en Quito, Ecuador	N.º 3, e106892

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Pedraza Castillo, L. N.	Corrección quirúrgica de ruptura traumática total de uretra membranosa en un canino: reporte de caso	N.º 3, e107956
Pérez Montes, J. E.	Impacto ecológico del insecticida fipronil: valoración de riesgos en humanos	N.º 1, pp. 65–84
Pérez, D.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206-219
Pérez, D.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Pérez-Rivero, J.	Protocolo anestésico para periquito australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>)	N.º 2, pp. 164-171
Pérez-Suárez, D.	Frecuencia de calicivirus en felinos con signos respiratorios en Medellín, Colombia (2020)	N.º 1, pp. 10–19
Pineda, C.	Frecuencia de calicivirus en felinos con signos respiratorios en Medellín, Colombia (2020)	N.º 1, pp. 10–19
Quebrada, S. F.	Carcinoma escamocelular ocular en bovino de raza Brahman Gris: reporte de caso	N.º 2, pp. 234-244
Ramírez, L. D.	Carcinoma escamocelular ocular en bovino de raza Brahman Gris: reporte de caso	N.º 2, pp. 234-244
Reinoso, S. A.	Incidence of endemic fascioliasis in animals and estimation of the financial loss due to seizure of livers in Andahuaylas, Peru	N.º 2, pp. 179-191
Ríos-Usuga, C.	Identificación molecular de microorganismos hemotrópicos transmitidos por vectores en caninos domésticos de diferentes centros veterinarios de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 206-219
Ríos-Usuga, C.	Enfermedades transmitidas por vectores en gatos: una mirada molecular en ambientes urbanos de Medellín, Colombia	N.º 2, pp. 220–233
Roldán-Carvajal, I. J.	Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura	N.º 3, e107686
Romaní-Alegre, A. E.	Niveles de pH gastrointestinal posprandial en juveniles de <i>Piaractus brachipomus</i> (Serrasalminidae) y <i>Schizodon fasciatus</i> (Anostomidae).	N.º 2, pp. 192-205

Nombre del autor	Título del artículo	Ubicación/ Localizador
Roque Rodríguez, A. I.	Corrección quirúrgica de ruptura traumática total de uretra membranosa en un canino: reporte de caso	N.º 3, e107956
Ruiz, J. D.	Biochemical blood profile in water buffalo: alterations related to natural infection by <i>Trypanosoma</i> spp	N.º 1, pp. 20–29
Salazar-Grosskelwing, E.	Postioplastia circunferencial en un gato con fimosis adquirida. Reporte de caso	N.º 2, pp. 245–251
Sánchez, V.	Entre la incertidumbre de la liberación y otras formas de uso de la fauna silvestre	N.º 1, pp. 45–64
Santos, N. S.	Estudo metanalítico sobre a microbiologia da carne bovina moída no Brasil	N.º 1, pp. 129–139
Sepúlveda-Heredia, J.	Ciclo estral de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Alouatta seniculus</i> : una revisión	N.º 3, e107133
Steffes, N.	Antibiotics for veterinary use registered in Guatemala	N.º 3, e107955
Tobon, J. C.	Biochemical blood profile in water buffalo: alterations related to natural infection by <i>Trypanosoma</i> spp	N.º 1, pp. 20–29
Tovio-Luna, N. I.	Ciclo estral de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Alouatta seniculus</i> : una revisión	N.º 3, e107133
Urian-Ávila, M. P.	Ciclo estral de <i>Alouatta palliata</i> y <i>Alouatta seniculus</i> : una revisión	N.º 3, e107133
Valderrama, A. A.	Incidence of endemic fascioliasis in animals and estimation of the financial loss due to seizure of livers in Andahuaylas, Peru	N.º 2, pp. 179–191
Valderrama–Pomé, A.	Fascioliasis, una zoonosis emergente en Perú y el mundo: factores asociados a la infección en niños de edad escolar	N.º 1, pp. 85–110
Velásquez, D. A.	Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: revisión de la literatura	N.º 3, e107686
Villar, D.	Impacto ecológico del insecticida fipronil: valoración de riesgos en humanos	N.º 1, pp. 65–84
Zambrano, J. A.	Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura	N.º 3, e107673



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

© Universidad Nacional de Colombia, 2023