

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



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Artículos de investigación, reportes de caso y revisión

Volumen 68 n.º 1, enero-abril de 2021

© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA

Vol. 68 n.º 1, enero-abril 2021

ISSN: 0120-2952 (edición impresa)

ISSN: 2357-3813 (edición en linea)

DOI: 10.15446/rfmvz (CrossRef)

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

Correo electrónico: rev_fmvzbog@unal.edu.co

Teléfono 3165000 Ext. 15403 y 15331

Bogotá, D. C., Colombia

DECANA

Lucía Botero Espinosa

VICEDECANA

Gloria Amparo Casas Bedoya

DIRECTOR DE BIENESTAR

Harvey Lozano Márquez

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL

Hugo Andrés Gutiérrez Trujillo

DIRECTOR DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Miguel Angel Landines Parra

DIRECTORA DE PROGRAMA DE POSGRADO

Ligia Mercedes Jiménez Robayo

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Jairo Aureliano Jaime Correa

REPRESENTANTE DE LOS PROFESORES

Gonzalo Tellez Iregui

SECRETARIO ACADÉMICO

Juan Sebastian Mora Cárdenas

DIRECTOR EDITORIAL

Sandra Milena Vásquez Mejía

COMITÉ EDITORIAL

Herman J. Boermans, Ph. D., University of Guelph, Canada

Félix H.D. Gonzalez, Ph. D., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Eduardo Gimeno, Ph. D., Universidad Nacional de la Plata, Argentina

Neil Karrow, Ph. D. University of Guelph, Canada

James Salierno, Ph. D., Fairleigh Dickinson University, United States

Michael Sulyok, Ph. D., University of Natural Resources and Life Sciences, Austria

Franklin Riet-Correa, Ph. D., Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay

Juan Villalba, Ph. D., Utah State University, United States

COMITÉ CIENTÍFICO

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

Félix Díaz, Ph. D., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Herman J. Boermans, Ph. D., University of Guelph, Canada

James Salierno, Ph. D., Fairleigh Dickinson University, United States

Franklin Riet-Correa, Ph. D., Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

EDICIÓN

Sandra Milena Vásquez Mejía

COORDINACIÓN EDITORIAL

Luz Mery Grass Bernal

CORRECCIÓN DE ESTILO

Hernán Rojas Rodríguez

MAQUETACIÓN

Juan Carlos Villamil Navarro

IMPRESIÓN

DGP Editores SAS, Bogotá D. C.



Revista integrada en Scielo Citation Index
de Thomson Reuters Web of Science



<http://lilacs.bvsalud.org/es/>



www.scielo.org



LA HEMEROTECA CIENTÍFICA EN LÍNEA



www.cabdirect.org



www.doaj.org



www.latindex.unam.mx/index.html



(Plataforma Open Acces de Revistas Científicas
Electrónicas Españolas y Latinoamericanas)

DERECHOS DE AUTOR Y COPYRIGHT

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

Los contenidos publicados son responsabilidad exclusiva de los autores.

Contenido

Política editorial	7
--------------------	---

Editorial	
El rol del médico veterinario y el zootecnista en la inocuidad de productos pecuarios	
Dra. Vásquez Mejía, Sandra M.	9

Artículos de investigación

Salud animal

Efecto del ácido alfa lipoico sobre la peroxidación no enzimática en mitocondrias de corazón y cerebro de rata [Effect of alpha-lipoic acid against non-enzymatic peroxidation of rat heart and brain mitochondria]	11
<i>M. Marmundi, M. Gavazza, A. Palacios</i>	

Avance de tuberosidad tibial con heteroimplante óseo para el tratamiento de ruptura de ligamento cruzado anterior en caninos [Advance of tibial tuberosity with bone heteroimplant for previous crossed ligament in canine]	19
<i>D. M. Pérez, M. M. Martínez, J. A. Cardona</i>	

Prevalencia y factores de riesgo del comportamiento anormal estereotipado aerofagia en el caballo criollo colombiano [Prevalence and risk factors of abnormal stereotyped crib-biting behavior in the colombian creole horse]	37
<i>J. J. Patiño Marulanda, S. A. Vélez Gil, J. R. Martínez Aranzales</i>	

Grado de desarrollo del folículo preovulatorio y su relación con el tamaño del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en las razas Romosinuano (RS) y Brahman (Br) [Degree of development of the preovulatory follicle and its relationship with corpus luteum size and progesterone production in the Romosinuano (RS) and Brahman (Br) breeds]	
<i>A. Vejarano, A. Hernández</i>	52

Enfermedad podal en bovinos: prevalencia y asociación con algunas variables [Podal disease in cows: prevalence and association with some variables]	
<i>L. M. Arrieta, J. M. Cruz, L. G. González-Herrera</i>	66
Instrucciones para los autores y consideraciones éticas	75
Instructions for authors and ethical considerations	78
Instruções aos autores e considerações éticas	81

INDEXACIÓN:

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

Nacionales:

- SciELO Colombia

Internacionales:

- Scielo Citation Index - Web of Science (Thomson Reuters)
- CAB-Abstracts (CAB International)
- Redalyc
- DOAJ (Directory of Open Acces Journals)
- LILACS
- Latindex (UNAM)
- e-Revistas
- Dialnet

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

Política editorial

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

Periodicidad: cuatrimestral.

Arbitraje

Los manuscritos y propuestas de publicación serán evaluados por medio de criterios explícitos, según el tipo de material, por pares académicos mediante la modalidad de doble ciego con cuando menos dos evaluadores por manuscrito. La evaluación procurará identificar los aportes a la innovación científica, tecnológica o pedagógica de las propuestas, frente al estado vigente de conocimiento en una disciplina. Los jurados 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: los materiales deben presentar concordancia entre el planteamiento del problema, los objetivos, los resultados y las interpretaciones.
- Claridad conceptual: correspondencia entre términos científicos o técnicos empleados en la finalidad temática.

El rol del médico veterinario y el zootecnista en la inocuidad de productos pecuarios

Este año se cumplen los 100 años de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia y me permito expresar, desde la editorial de la revista, nuestras felicitaciones a todos los actores que han hecho de la Facultad un símbolo de fortaleza, superación de desafíos y aportes al sector agropecuario colombiano, y que han permitido con su trabajo responsable llevar salud a los animales y producir alimentos pecuarios seguros.

En esta edición, volumen 68, número 1, del año 2021, encontraremos varios artículos de investigación relacionados con la salud y la reproducción animal en diferentes especies de interés para la medicina veterinaria y la zootecnia, esperamos que sean de utilidad y contribuyan a la difusión de conocimiento científico de alta calidad.

A propósito del cumpleaños número 100 de la Facultad, aprovecho la ocasión para resaltar el rol del médico veterinario y del zootecnista en la inocuidad de productos pecuarios, entre muchas otras responsabilidades que tenemos a cargo los profesionales del sector. Ambas carreras, desde sus diferentes enfoques, logran sin lugar a duda llevar a cabo la producción de alimentos pecuarios seguros a través de diversas actividades diarias, realizadas tanto en las granjas como en las plantas de beneficio animal y de transformación de los productos primarios.

La inocuidad alimentaria es la garantía de que los alimentos no causarán daño a la salud del consumidor. Esta condición requiere que los alimentos pecuarios estén libres de peligros físicos, químicos y biológicos, y de compuestos que puedan causar alergias.

En los alimentos de origen pecuario, los principales peligros microbiológicos están relacionados con la posible presencia de microorganismos causantes de enfermedades como *Escherichia coli* (O157:H7), *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, además de diversos virus y parásitos. Entre tanto, los peligros químicos se refieren a los residuos de medicamentos veterinarios (antibióticos) y de promotores de crecimiento, contaminantes como el plomo y el mercurio, los pesticidas, los residuos de productos químicos (lubricantes, detergentes y desinfectantes), entre otros. Por su parte, los peligros físicos se vinculan con la presencia de partículas u objetos extraños, piedras, arena, pelos, agujas, huesos, partículas de metal, papel, etc., que pueden ser encontrados, cuando no se producen y se benefician adecuadamente los animales destinados para consumo humano.

Con esta gran variedad de peligros asociados con los productos de origen animal, la implementación de Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) en granja es, sin lugar a duda, una de las herramientas más efectivas para su control y eliminación. Con la implementación y ejecución de este sistema de gestión de inocuidad, el zootecnista y el médico veterinario contribuyen al bienestar, la nutrición y la salud animal; al adecuado manejo de los medicamentos veterinarios; a la implementación de programas de saneamiento básico (limpieza y desinfección, agua potable, control de plagas, manejo de residuos); a los programas de trazabilidad y a la bioseguridad de las granjas, que hacen efectivo el control de los peligros.

Esta labor en granja se fortalece, finalmente, en la industria de beneficio animal y de transformación de alimentos pecuarios gracias a la implementación y ejecución de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP); lo que asegura a los consumidores alimentos pecuarios seguros o inocuos.

Las razones anteriormente expuestas demuestran la importante contribución de los médicos veterinarios y los zootecnistas a la calidad e inocuidad alimentaria.

Saludos cordiales a nuestros lectores.

Sandra Milena Vásquez Mejía
Zootecnista. Ph. D. en Ciencia de Alimentos
Profesora Asistente del Departamento de Producción Animal
Editora
Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

Efecto del ácido alfa lipoico sobre la peroxidación no enzimática en mitocondrias de corazón y cerebro de rata

M. Marmunti¹, M. Gavazza², A. Palacios^{3}*

Artículo recibido: 25 de noviembre de 2019 - Aprobado: 25 de febrero de 2021

RESUMEN

El ácido alfa lipoico (AAL) ha sido caracterizado como un antioxidante eficiente. Se ha propuesto como un agente terapéutico potencial en el tratamiento o prevención de diferentes alteraciones que pueden estar relacionadas con un desequilibrio del estado celular oxidoreductor. El objetivo de este trabajo fue analizar la sensibilidad a la peroxidación no enzimática (PNE) (ascorbato-Fe⁺⁺ dependiente) en mitocondrias de corazón y cerebro de ratas incubadas con una solución de AAL. La PNE fue evaluada por el método de quimioluminiscencia (QL). Cuando se compararon las muestras control (sin el agregado del ascorbato-Fe⁺⁺) con las muestras ascorbato-Fe⁺⁺ dependientes, se observó un incremento significativo en la emisión lumínica. Simultáneamente, se incubaron las mitocondrias de ambos órganos con diferentes concentraciones de AAL (0,05, 0,15 y 0,25 mg/ml) observándose una protección diferencial. Las mitocondrias de cerebro de rata incubadas con dosis de 0,15 y 0,25 mg/ml de AAL fueron protegidas de los efectos de la PNE, mientras que, en las mitocondrias cardíacas, solo se observó protección con la dosis más alta de AAL (0,25 mg/ml). El análisis de QL indicó que las mitocondrias de cerebro fueron protegidas de manera más eficiente que las mitocondrias de corazón de rata. En este último caso, será necesario probar nuevas dosis de AAL para demostrar los efectos en estas membranas. En conclusión, AAL actuó como un antioxidante protector de las membranas de ambos órganos contra el daño peroxidativo.

Palabras clave: ácido alfa lipoico, quimioluminiscencia, corazón, cerebro.

Effect of alpha-lipoic acid against non-enzymatic peroxidation of rat heart and brain mitochondria

ABSTRACT

Alphalipoc acid (ALA) has been characterized as an efficient antioxidant. It has been proposed as a potential therapeutic agent in the treatment or prevention of different pathologies that may be related to an imbalance of the oxido reductive cell state. The objective of this work was to analyze the sensitivity to non-enzymatic peroxidation (NEP) (ascorbate-Fe⁺⁺ dependent) in heart and brain mitochondria of rats incubated with an ALA solution. NEP was evaluated by the chemiluminescence method (CL). When

¹ Cátedra de Bioquímica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, CC 296, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Cátedra de Bioquímica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, CC 296, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Cátedra de Bioquímica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, CC 296, 1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina. *apalacios@fcv.unlp.edu.ar

the control samples (without the addition of ascorbate-Fe⁺) were compared with the ascorbate-Fe⁺ dependent samples, a significant increase in the light emission. Simultaneously, the mitochondria of both organs were incubated with different concentrations of ALA (0,05, 0,15 and 0,25 mg/ml), observing a differential protection. Rat brain mitochondria incubated with doses of 0,15 and 0,25 mg/ml of ALA were protected from the effects of NEP, while in cardiac mitochondria, protection was only observed with the highest dose of ALA (0,25 mg/ml). The CL analysis indicated that rat brain mitochondria were protected more efficiently than rat heart mitochondria. In the latter case, it will be necessary to test new doses of ALA to demonstrate the effects on these membranes. In conclusion, ALA acted as a protective antioxidant of the membranes of both organs against peroxidative damage.

Keywords: Alpha-lipoicacid, chemiluminescence, heart, brain.

INTRODUCCIÓN

El organismo cuenta con sistemas antioxidantes que protegen a las células del daño que pueden causar los agentes oxidantes. Estos sistemas se pueden dividir en enzimáticos o no enzimáticos (Kehrer y Klotz 2015). El primero corresponde a enzimas como la superoxidodismutasa, la catalasa, la glutatióperoxidasa o la glutatióreductasa. Estos factores enzimáticos dependen de otros nutrientes esenciales como el selenio, el cobre o el zinc o vitaminas como la riboflavina. El segundo sistema antioxidante, y paralelo al primero, está formado por depuradores no enzimáticos de las especies reactivas de oxígeno (ERO), algunos de estos compuestos son el glutatió, el AAL, las vitaminas C, E y A, y los carotenoides, entre otros (Sharma *et al.* 2018). El AAL se sintetiza en el hígado, corazón y riñones (Rochette *et al.* 2015), en particular en las mitocondrias, mediante síntesis enzimática a partir del ácido octanoico, participando de manera importante en el metabolismo energético de las mismas. A pesar de que la síntesis de novo parece aportar la cantidad de AAL necesaria para su función en el metabolismo, también puede absorberse a partir de la dieta. De hecho, el AAL se absorbe intacto a partir de las fuentes dietéticas y se acumula de forma transitoria

en diversos tejidos (hígado, corazón y músculo esquelético). La teoría de los radicales libres y el estrés oxidativo se fundamenta en la producción de forma incontrolada de especies derivadas del oxígeno que causan daños irreversibles a las macromoléculas. Cuando los sistemas fisiológicos se saturan, ya sea por producción excesiva de radicales libres o por descenso de la capacidad de los sistemas endógenos antioxidantes, se induce el estrés oxidativo, que puede definirse como una pérdida de equilibrio entre los niveles de producción de ERO y de nitrógeno, y de los mecanismos de defensa antioxidante (Davies 2019). De todos los tejidos del cuerpo, el cerebro puede ser particularmente vulnerable al estrés oxidativo, en parte porque está altamente enriquecido en hierro no hemo, que está catalíticamente involucrado en la producción de ERO (Salim 2017). Además, el cerebro contiene niveles relativamente altos de ácidos grasos insaturados, que son sustratos particularmente buenos para las reacciones de peroxidación lipídica (Johnson *et al.* 2014). Los principales mecanismos de defensa que utiliza el cerebro para combatir los equivalentes reductores son sus antioxidantes enzimáticos (Björklund y Chirumbolo 2017). Una fuente principal de daño provocado por el estrés oxidativo

es la peroxidación lipídica (PL), que se atribuye a su alta naturaleza propagativa y a la citotoxicidad de sus subproductos metabólicos. La PL es, por lo tanto, un índice establecido de estrés oxidativo relacionado con la edad (Hulsegege, 2016). El AAL es un ácido anfipático, por lo que tiene capacidad de disolverse tanto en un medio acuoso como en un medio graso, es por ello que se lo denomina “antioxidante universal” y puede actuar tanto a nivel intra como extracelular, en cualquier parte y a cualquier nivel dentro del organismo. Se considera a la mitocondria como la principal generadora endógena de especies reactivas de oxígeno. Las principales funciones de las mitocondrias son la obtención de energía en forma de adenosina trifosfato (ATP), el mantenimiento de la homeostasis y el control de la apoptosis celular. Para la producción de energía, se vale de 2 procesos metabólicos coordinados: el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa. Las especies reactivas de oxígeno son continuamente generadas en ellos, así como en la cadena de transporte de electrones (Durand y Mach, 2013). Se seleccionó el cerebro por su alta capacidad de producción de radicales libres y el corazón por poseer alta presión parcial de oxígeno. El presente estudio fue diseñado para determinar si las mitocondrias de corazón y cerebro de rata podrían ser un objetivo para la PNE, así como para establecer el nivel de protección de dichas membranas incubadas con AAL. El proceso degradativo fue seguido por la determinación de QL (Omanovic y Valzacchi 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron ratas hembras Wistar AH/HOK del Bioterio de Animales (Facultad de Ciencias Veterinarias,

Universidad Nacional de La Plata). La albúmina de suero bovino (ASB-BSA) (fracción V) se obtuvo de Wako Pure Chemical Industries Ltda., Japón. El AAL fue suministrado amablemente por Laboratorio Craveri S. A., Arengreen 830 / Miranda 5237 C1405CYH, Capital Buenos Aires, Argentina. El ácido ascórbico L (+) fue adquirido de Laboratorios Merck. Todos los demás reactivos y productos químicos fueron de grado analítico de Sigma.

Preparación de la solución de AAL (ácido lipoico)

Se pesó un comprimido de 200 mg de ácido lipoico, se trituró y se diluyó en 20 ml de agua destilada. De esta solución madre se tomó 1 ml y se diluyó en 10 ml de agua destilada, obteniéndose una concentración de 1 mg/ml. Posteriormente, para los experimentos, se usaron las siguientes concentraciones: 250, 750 y 1250 µg/ml.

Animales y preparación de mitocondrias

Se utilizaron ratas hembras Wistar AH/HOK de 7 semanas de edad, con un peso de 120 a 137 g. Fueron alimentadas con comida comercial para ratas y agua a voluntad. Se sacrificaron por dislocación cervical. Los corazones y los cerebros fueron rápidamente removidos, se cortaron en pequeños trozos y se lavaron exhaustivamente con una solución de NaCl 0,15 M. Las mitocondrias se obtuvieron por el método descrito por Schneider y Hogeboom (1951), para lo cual se preparó un homogenado al 30% (p/v) con una solución de sacarosa 0,25 M, Tris-HCl 10 mM, pH 7,4, realizado con un homogeneizador Potter-Elvehjem. El homogeneizado se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 min. Todas las operaciones se realizaron a 4°C y con luz tenue. Con este método Schneider y Hogeboom (1951)

demostraron que el medio en el que se realiza la homogeneización tiene un profundo efecto sobre las propiedades morfológicas, citológicas y bioquímicas de las mitocondrias aisladas, así como sobre su rendimiento. En cuanto a la pureza de la fracción, tanto los estudios químicos como los estudios con microscopios de luz, campo oscuro, fase y microscopios electrónicos indicaron que la fracción estaba libre de contaminación.

Peroxidación no enzimática de mitocondrias de corazón y cerebro de rata

La QL y la PNE se iniciaron con el agregado de ascorbato-Fe⁺⁺ a ambas mitocondrias (Wright *et al.* 1979). Las mitocondrias (1 mg de proteína mitocondrial) fueron incubadas con la solución de ácido lipoico (250, 750 y 1250 µg/ml grupo AAL) a 37°C con tampón fosfato 0,01 M pH 7,4, ascorbato 0,4 mM, volumen final 2 ml. El tampón de fosfato contenía suficiente hierro para proporcionar el hierro ferroso o férrico necesario (la concentración final en la mezcla de incubación fue de 2,15 µM) para la PNE (Tadolini y Hatkin 1996). Simultáneamente se sometieron a la PNE preparaciones de mitocondrias que carecían de ascorbato-Fe⁺⁺ (grupo control). La emisión lumínica de las membranas se determinó durante un periodo de 120 min, la QL se registró como cuentas por minuto (cpm) cada 10 min y la suma de la QL total se usó para calcular cpm/mg de proteína. La emisión lumínica se midió en un contador de centelleo líquido en un equipo Packard 1900TR provisto de un programa de QL.

Determinación de proteínas

Las proteínas se determinaron por el método de Lowry *et al.* (1951) y se utilizó ASB como estándar.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como la media ± desvío estándar (DE) de 6 experimentos independientes. Los datos fueron sometidos a la prueba test de Student. El nivel de 0,05 fue seleccionado como el punto mínimo de significancia estadística. El criterio estadístico de significación se seleccionó en diferentes valores de *p* y se indicó en cada caso.

RESULTADOS

Emisión lumínica de las mitocondrias de corazón de rata durante la peroxidación no enzimática

Durante el ensayo de PNE se observó que, en el grupo control comparado con las muestras en presencia de ascorbato-Fe⁺⁺ (grupo ascorbato-Fe⁺⁺), la diferencia de emisión lumínica (cpm) fue altamente significativa (*p*<0,0005). Luego de la incubación de las mitocondrias de corazón de rata en un sistema ascorbato-Fe⁺⁺ a 37°C durante 120 min, se observó que el grupo AAL comparado con el grupo ascorbato-Fe⁺⁺ no mostró diferencias significativas para las concentraciones 250 y 750 µg/ml. La figura 1 muestra la emisión lumínica obtenida del grupo AAL y del grupo ascorbato-Fe⁺⁺. Los valores fueron 2285,33 ± 104,36 para el grupo ascorbato-Fe⁺⁺ y 1796,00 ± 69,80 cpm para la concentración 1250 µg/ml de AAL, con una significancia de *p*<0,05.

Emisión lumínica de las mitocondrias de cerebro de rata durante la peroxidación no enzimática

Durante el ensayo de PNE se observó una diferencia altamente significativa (*p*<0,0005) en la emisión lumínica cuando se comparó el grupo control con las

muestras en presencia de ascorbato-Fe⁺⁺ (grupo ascorbato-Fe⁺⁺). Luego de la incubación de las mitocondrias de cerebro de rata en un sistema ascorbato-Fe⁺⁺ a 37°C durante 120 min, se observó que el grupo AAL comparado con el grupo ascorbato-Fe⁺⁺ mostró diferencias significativas para las concentraciones 750 y 1250 µg/ml. La figura 2 muestra la emisión lumínica obtenida del grupo AAL y del grupo ascorbato-Fe⁺⁺. Los valores fueron $1039,33 \pm 112,86$ en el grupo de ascorbato-Fe⁺⁺ y $706,67 \pm 80,04$ y $671,33 \pm 92,76$ cpm con la adición de 750 y 1250 µg/ml de AAL, respectivamente, y en ambas concentraciones la significancia fue $p < 0,05$.

Porcentaje comparativo de inhibición de la emisión lumínica en mitocondrias de corazón y cerebro de rata

Luego de la incubación de ambas mitocondrias en un sistema ascorbato-Fe⁺⁺ (120 min a 37°C) adicionadas con diferentes concentraciones de AAL se observó que el

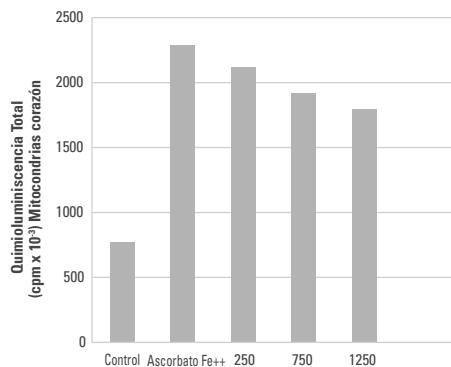


FIGURA 1. Emisión lumínica en mitocondrias de corazón de rata durante la peroxidación no enzimática a diferentes concentraciones de AAL (250, 750 y 1250 µg/ml). Los datos se expresan como la media ± DE de 6 experimentos

Fuente: elaboración propia.

porcentaje de cpm/mg de proteína originado por la emisión lumínica (QL) fue menor en las mitocondrias de cerebro. Así mismo, el porcentaje de inhibición de la peroxidación producida por AAL fue del 21,41% en mitocondrias de corazón a 1250 µg/ml de AAL y de 35,41% en mitocondrias de cerebro a 1250 µg/ml de AAL (figura 3).

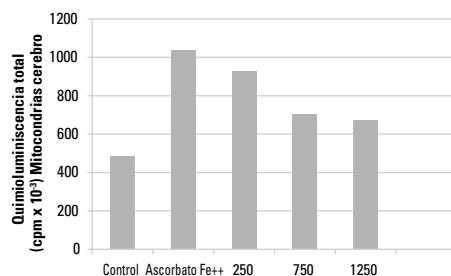


FIGURA 2. Emisión lumínica en mitocondrias de cerebro de rata durante la peroxidación no enzimática a diferentes concentraciones de AAL (250, 750 y 1250 µg/ml). Los datos se expresan como la media ± DE de 6 experimentos

Fuente: elaboración propia.

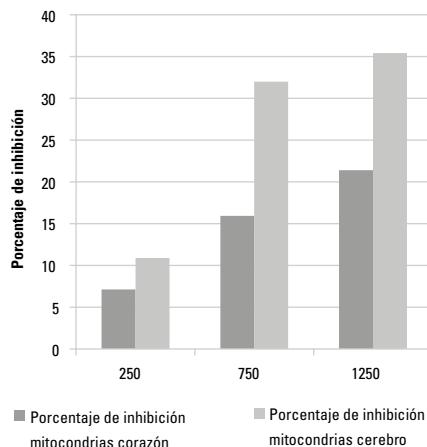


FIGURA 3. Porcentaje de inhibición de la emisión lumínica en mitocondrias de corazón y cerebro de rata comparadas a diferentes concentraciones de AAL (250, 750 y 1250 µg/ml)

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El cuerpo contiene un elaborado sistema de defensa antioxidante que depende de la ingesta dietética de vitaminas y minerales antioxidantes y la producción endógena de compuestos antioxidantes como el glutatión. Las vitaminas C y E y el beta caroteno son los principales antioxidantes vitamínicos. Además del glutatión, existen numerosas enzimas involucradas en la extinción o eliminación de radicales libres (Valko *et al.* 2016). No se sabe completamente si el sistema de defensa antioxidante natural del cuerpo es suficiente para contrarrestar el aumento de radicales libres o si se necesitan suplementos adicionales. Se ha visto que existe una asociación entre la incidencia de cáncer y la dieta, de modo que los suplementos nutricionales podrían actuar como factores protectores y terapéuticos (Shapira 2017). Dentro de estos, el AAL se absorbe fácilmente y se convierte en su forma reducida ácido dihidrolipoico en una variedad de tejidos celulares (Micillo *et al.* 2018), en los que ambos actúan como antioxidantes. Además de desempeñarse como un potente antioxidante, el AAL aumenta y mantiene los niveles de otros antioxidantes como la ubiquinona, el glutatión y el ácido ascorbico (Ohta *et al.* 2015). El AAL se usa actualmente como agente terapéutico en una variedad de trastornos neurológicos (Wu *et al.* 2015). Se ha encontrado que los pacientes diagnosticados con cirrosis hepática, diabetes mellitus, aterosclerosis y polineuritis contienen un nivel reducido de AAL endógeno (Saunders *et al.* 2013). La disminución en el nivel de AAL se ha manifestado durante el proceso de envejecimiento (Davalli *et al.* 2016) porque, durante el proceso de envejecimiento, el equilibrio entre oxidantes y antioxidantes se altera gradualmente debido al exceso de

producción y la eliminación insuficiente de ERO. Los estudios previos respaldan el uso combinado de los antioxidantes vitamina E y AAL para disminuir el estrés oxidativo (Sies 2015) y mejorar el rendimiento cardíaco (Kenedy *et al.* 2016). Por lo tanto, se ha sugerido que la suplementación dietética de vitamina E y AAL prolonga el tiempo de coagulación mediante la inhibición de una vía de coagulación intrínseca. El objetivo de nuestro estudio fue evaluar la capacidad de la solución de AAL para proteger las mitocondrias cardíacas y cerebrales contra la peroxidación. En este estudio, demostramos que las mitocondrias de cerebro de rata incubadas con solución de AAL estaban mejor protegidas contra la peroxidación lipídica en comparación con membranas similares del grupo control, como lo demuestran los resultados de la quimioluminiscencia. También observamos en este estudio que existe una protección diferencial en ambos órganos, ya que las mitocondrias de cerebro estaban protegidas a dosis más bajas de AAL. En efecto, las mitocondrias de cerebro de rata incubadas con dosis 750 y 1250 µg/ml de AAL estaban protegidas de los efectos de la peroxidación lipídica. Pero ese mismo efecto no se observó en las mitocondrias de corazón, en las que solo se observó protección con la dosis más alta de AAL (1250 µg/ml). La quimioluminiscencia es la emisión lumínica derivada de una reacción química como la última reacción de peroxidación lipídica en la que moléculas químicamente excitadas decaen al estado basal electrónico y emiten fotones. La reacción es muy útil desde un punto de vista analítico porque, en condiciones experimentales adecuadas, la emisión de luz está directamente relacionada con la concentración analítica, permitiendo así

un análisis cuantitativo preciso y sensible. Además, la emisión de luz está usualmente representada mediante estudios cinéticos, los cuales simplifican el manejo de las muestras y los procedimientos de medición. La quimioluminiscencia se ha utilizado ampliamente como un indicador de la formación de especies reactivas de oxígeno en las células y los órganos, lo que permite el estudio de una serie de condiciones patofisiológicas relacionadas con el estrés oxidativo (Roda *et al.* 2016). La reducción en la síntesis de proteínas, que ocurre durante el envejecimiento debido a la disminución en la producción de ATP (Dziechciaż *et al.* 2014), también puede ser la causa de la reducción de las actividades enzimáticas antioxidantes. La administración exógena de AAL en virtud de su capacidad para mejorar la producción de ATP (Hädicke *et al.* 2015) podría mejorar la síntesis general de proteínas (y, por lo tanto, enzimas) en las células. La AAL, por su naturaleza antioxidante, inhibe la peroxidación lipídica y evita que las membranas sufran más daño peroxidativo.

CONCLUSIONES

Aunque el AAL actúa principalmente como cofactor del metabolismo energético de las mitocondrias, podría desempeñar un papel importante en la protección contra el estrés oxidativo en el cerebro durante el envejecimiento y, además, en ciertas alteraciones relacionadas con el tejido cardíaco. El análisis de QL indicó que las mitocondrias de cerebro fueron protegidas de manera más eficiente que las mitocondrias de corazón de rata. En este último caso, será necesario probar nuevas dosis de AAL para demostrar los efectos en estas membranas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de la Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de La Plata (Proyecto de Investigación V276, Director: Dr. A. Palacios).

REFERENCIAS

- Björklund G, Chirumbolo S. 2017. Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health. *Nutrition.* 33: 311-321.
- Davalli P, Mitic T, Caporali A, Lauriola A, D'Arca D. 2016. ROS, Cell Senescence, and Novel Molecular Mechanisms in Aging and Age-Related Diseases. *Oxid Med Cell Longev.* 2016:3565127.
- Davies KJA. 2019. Free radicals and redox regulation in ageing. *Free Radic Biol Med.* 134:688-689.
- Durand M, Mach N. 2013. Revisión. El ácido alfa lipoico y su poder antioxidante frente al cáncer y las patologías de sensibilización central. *Nutr Hosp.* 28(4):1031-1038.
- Dziechciaż M, Filip R. 2014. Biological psychological and social determinants of old age: bio-psycho-social aspects of human aging. *Ann Agric Environ Med.* 21:835-838.
- Hädicke O, Klamt S. 2015. Manipulation of the ATP pool as a tool for metabolic engineering. *Biochem Soc Trans.* 43:1140-1145.
- Hulsegege G, Herber-Gast GC, Spijkerman AM, Susan H, Picavet J, van der Schouw YT, Bakker SJ, Gansevoort RT, Dollé ME, Smit HA, Monique Verschuren WM. 2016. Obesity and Age-Related Changes in Markers of Oxidative Stress and Inflammation Across Four Generations. *Obesity.* 24:1389-1396.
- Johnson LA, Olsen RH, Merkens LS, DeBarber A, Steiner RD, Sullivan PM, Maeda N, Raber J. 2014. Apolipoprotein E-low density lipoprotein receptor interaction affects spatial memory retention and brain Apo E levels in an isoform-dependent manner. *Neurobiol Dis.* 64:150-162.
- Kehler JP, Klotz LO. 2015. Free radicals and related reactive species as mediators of tissue injury and disease: implications for Health. *Crit Rev Toxicol.* 45:765-798.

- Kennedy A, Finlay DD, Guldenring D, Bond R, Moran K, McLaughlin J. 2016. The Cardiac Conduction System: Generation and Conduction of the Cardiac Impulse. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 28:269-279.
- Lowry OH, Rosebrough NH, Farr AL. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem.* 193:265-275.
- Micillo R, Sirés-Campos J, García-Borrón JC, Panzella L, Napolitano A, Olivares C. 2018. Conjugation with Dihydrolipoic Acid Imparts Caffeic Acid Ester Potent Inhibitory Effect on Dopa Oxidase Activity of Human Tyrosinase. *Int J Mol Sci.* 19:2156.
- Ohta Y, Yashiro K, Ohashi K, Horikoshi Y, Kusumoto C, Matsura T, Fukuzawa K. 2015. Effect of Dietary Vitamin E Supplementation on Liver Oxidative Damage in Rats with Water-Immersion Restraint Stress. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo).* 61:113-122.
- Omanovic Miklicanin E, Valzacchi S. 2017. Development of new chemiluminescence biosensors for determination of biogenic amines in meat. *Food Chem.* 235:98-103.
- Rochette L, Ghibu S, Muresan A, Vergely C. 2015. Alpha-lipoic acid: molecular mechanisms and therapeutic potential in diabetes. *Can J Physiol Pharmacol.* 93:1021-1027.
- Roda A, Mirasoli M, Michelini E, Di Fusco M, Zangheri M, Cevenini L, Roda B, Simoni P. 2016. Progress in chemical luminescence-based biosensors: A critical review. *Biosens Bioelectron.* 76:164-179.
- Salim S. 2017. Oxidative Stress and the Central Nervous System. *J Pharmacol Exp Ther.* 360:201-205.
- Saunders AV, Davis BC, Garg ML. 2013. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian diets. *Med J Aust.* 199:S22-26.
- Schneider WC, Hogeboom GH. 1951. Cytochemical studies of mammalian tissues, the isolation of cell components by differential centrifugation: A review. *Cancer Res.* 11:1-22.
- Shapira N. 2017. The potential contribution of dietary factors to breast cancer prevention. *Eur J Cancer Prev.* 26:385-395.
- Sharma GN, Gupta G, Sharma P. 2018. A Comprehensive Review of Free Radicals, Antioxidants, and Their Relationship with Human Ailments. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr.* 28:139-154.
- Sies H. 2015. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. *Redox Biol.* 4:180-183.
- Tadolini B, Hakim G. 1996. The Mechanism of Iron (III). Stimulation of Lipid Peroxidation. *Free Radic Res.* 25:221-227.
- Valko M, Jomova K, Rhodes CJ, Kuća K, Müsilek K. 2016. Redox- and non-redox-metal-induced formation of free radicals and their role in human disease. *Arch Toxicol.* 90:1-37.
- Wright JR, Rumbaugh RC, Colby HD. 1979. The relationship between chemiluminescence and lipid peroxidation in rat hepatic microsomes. *Arch Biochem Biophys.* 192:344-351.
- Wu A, Noble EE, Tyagi E, Ying Z, Zhuang Y, Gómez-Pinilla F. 2015. Curcumin boosts DHA in the brain: Implications for the prevention of anxiety disorders. *Biochim Biophys Acta.* 1852:951-961.

Forma de citación del artículo:

Marmunti M, Gavazza M, Palacios A. 2021. Efecto del ácido alfa lipoico sobre la peroxidación no enzimática en mitocondrias de corazón y cerebro de rata. *Rev Med Vet Zoot.* 68(1): 11-18. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97189>

Avance de tuberosidad tibial con heteroimplante óseo para el tratamiento de ruptura de ligamento cruzado anterior en caninos

D. M. Pérez¹*, M. M. Martínez², J. A. Cardona³

Artículo recibido: 10 de febrero de 2020 - Aprobado: 17 de octubre de 2020

RESUMEN

Las evaluaciones clínica y radiológica son técnicas que se emplean para el diagnóstico de ruptura de ligamento cruzado anterior (RLCA) y para la evaluación posoperatoria de cirugías correctivas. Se planteó como objetivo describir los resultados posoperatorios de la técnica avance de tuberosidad tibial en caninos con RLCA utilizando hueso de origen bovino conservado en glicerina al 98%. Fueron intervenidos 5 caninos con la patología y sin cambios radiológicos marcados en las columnas óseas relacionadas. El heteroimplante óseo se cortó a manera de cuña y, para determinar su tamaño, se tuvo en cuenta la medida prequirúrgica que necesitaba la rodilla para alcanzar el ángulo de avance de la cresta tibial. Seguidamente se fijó al receptor local con implantes metálicos (agujas de Kirschner y alambre ortopédico). En el posoperatorio, se evaluaron por 90 días signos clínicos como claudicación, dolor al movimiento flexión-extensión e inflamación, según la circunferencia de la rodilla, y se evaluó por 120 días el ángulo de avance tibial y la radiopacidad del heteroimplante con respecto al hueso circunvecino (tuberosidad tibial y tibia caudal). El estudio estableció que los parámetros clínicos y radiológicos tienen un efecto estadísticamente significativo; sin embargo, la evaluación del ángulo de avance tibial no tiene un efecto significativo entre el paciente y los días posquirúrgicos. Durante el periodo de evaluación el heteroimplante óseo bovino demostró ser efectivo para estabilizar una rodilla con RLCA en caninos.

Palabras clave: glicerina 98%, óseo, tibia, ligamento.

Advance of tibial tuberosity with bone heteroimplant for previous crossed ligament in canine

ABSTRACT

The clinical and radiological evaluations are techniques used for the diagnosis of the anterior cruciate ligament rupture (LCAR) and the post-operative assessment of corrective surgeries. It was proposed as an objective to describe the post-operative results

¹ Médica veterinaria zootecnista, M. Sc. Docente catedrática de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mecivet. *dianaperezb@correo.unicordoba.edu.co.

² Médico veterinario zootecnista, M. Sc. Docente de tiempo completo de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mecivet.

³ Médico veterinario zootecnista, Ph. D. Docente de tiempo completo de la Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia. Miembro del grupo de investigación Mega.

of the advance technique of tibial tuberosity in canines with LCAR using bovine bone conserved in 98% glycerin. Five canines were intervened and with no other radiological changed in the related bone columns. The bone heteroimplant was cut in a wedge-like manner and for its size it was taken into account the pre-operative measurement that the knee needed to reach the advancement angle of the tibial crest. Next, the bone implant was fixated to the local receptor with metallic implants (Kirschner needles and orthopedic wire). In the post-op, the canines were evaluated for 90 days for clinical signs such as claudication, pain when flexing and extending and inflammation according to the knee circumference, and for 120 days the advancement angle of the tibia and the radiopacitry of the heteroimplant in relation to the surrounding bone. The trial established that the clinical and radiological parameters have a statistically significant effect; however, the evaluation of the tibial advancement angle does not have a significant effect between the patient and the post-operative days. During the evaluation period, the heteroimplant bovine bone proved to be effective to stabilize the knee in canines with LCAR.

Keywords: 98% glycerin, bone, tibia, ligament.

INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es el principal ligamento estabilizador de la rodilla, su función es limitar el desplazamiento craneal de la tibia con respecto al fémur, la rotación interna de la tibia e hiperextensión de la rodilla, por lo que una hiperextensión o rotación excesiva de la rodilla puede conducir a la ruptura de este (Musté 2013).

En la fase diagnóstica de la ruptura de ligamento cruzado anterior (RLCA), se hace principal énfasis en la evaluación de la estabilidad de la rodilla según el funcionamiento total o parcial del LCA mediante inspección, palpación y maniobras que evalúan la estabilidad articular. Adicionales a este procedimiento, existen ayudas diagnósticas, como la radiología, que permiten identificar las causas de claudicación, excluir lesiones óseas o anormalidades de tejidos blandos y realizar la planeación quirúrgica según el método que sugiera el cirujano (Bruin *et al.* 2007; Harasen 2002; Verez *et al.* 2016).

El tratamiento para RLCA puede ser médico o quirúrgico. El tratamiento

médico se puede intentar en los animales de raza pequeña (menores a 10 kg), mediante restricción de la actividad, disminución del peso y administración de analgésicos (Bruin *et al.* 2007; Harasen 2002; Musté 2013; Verez *et al.* 2016), y el tratamiento quirúrgico es recomendable en todo paciente con RLCA, para lo que se han descrito técnicas modificadoras de la biomecánica articular como es el avance de la tuberosidad tibial (TTA).

La TTA propone alterar la dirección de la fuerza del tendón rotuliano y lograr que el ángulo sea inferior o igual a 90°. La técnica busca modificar la geometría proximal de la tibia, neutralizando las fuerzas de empuje craneal que causan lesión por cizallamiento y la rodilla adquiere una dinámica estable para compensar la deficiencia del LCA (Boudrieau 2009; Kim *et al.* 2009; Montavon *et al.* 2002; Nisell 1985; Tepic *et al.* 2002). Existen diferentes variables de la TTA; sin embargo, todas mantienen el mismo principio biomecánico; aun así, sus resultados varían según el tipo de implante utilizado (biológico o metálico).

Debido a la aparición de fallas en los implantes metálicos, como destrucción ósea alrededor de ellos, y a las infecciones por mala esterilización que pueden retrasar los procesos biológicos de cicatrización y la recuperación mecánica del miembro, se ha planteado el uso de heteroimplantes óseos, que conlleva a retrasar los cambios osteoarticulares propios de la lesión. Los heteroimplantes óseos procedentes de huesos bovinos procesados (desproteinizado y desantigenizado) se han utilizado experimental y clínicamente demostrando su capacidad osteoinductora (hueso esponjoso) y de resistencia biomecánica (hueso cortical). Estos, además, presentan una ventaja económica (Bojrab 1996; Bojrab y Monnet 2011; Zunino *et al.* 2004).

Para la conservación de tejidos, se han utilizado diferentes medios entre los que se encuentra la glicerina al 98%, que posee la capacidad de deshidratar el tejido sin alterar la concentración iónica de las células y que, por mantener la estructura, facilita el crecimiento de células constitutivas con resultados clínicos satisfactorios (Brun *et al.* 2004; Giovani *et al.* 2006; López *et al.* 2007; Martínez 2012; Padilha *et al.* 2008; Pérez *et al.* 2014).

El objetivo de este estudio es describir los resultados clínicos y radiológicos posoperatorios de la técnica quirúrgica para avanzar la tuberosidad tibial en caninos con RLCA utilizando hueso de origen bovino conservado en glicerina al 98%.

MATERIALES Y MÉTODO

Localización

El estudio fue desarrollado en la Clínica Veterinaria Julio E. Cuervo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, Colombia.

Aspectos éticos

La metodología de este trabajo utilizando animales para experimentación fue sometida a evaluación del Comité de Ética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, según el Acta N.º 001 del 14 de junio de 2017. Para este estudio se tuvieron en cuenta las normas técnicas para el uso de animales para experimentación, enmarcadas en el cumplimiento de la “Declaración Universal de los Derechos de los Animales”, de las “Normas Internacionales para la Investigación Biomédica con Animales” establecidas por la ONU, la Ley 84 de octubre de 1989 del Ministerio de Salud de Colombia y la Ley 1774 del 6 de enero de 2016 del Código Penal de la República de Colombia.

Muestras

Se estudiaron 5 caninos con RLCA, con peso entre los 20-30 kg, sin modificación marcada a la evaluación radiológica de la articulación de la rodilla y sus columnas (tibia-fémur). No se consideró la edad, raza, sexo, procedencia de los animales ni tiempo de presentación de la patología. Los animales seleccionados fueron alojados en jaulas individuales y desparasitados con albendazol (25 mg/kg vía oral) 30 días previos a las cirugías y recibieron ración comercial 2 veces al día y agua a voluntad.

Procedimiento para la formación del banco de hueso

Se obtuvieron costillas de bovinos sacrificados en plantas de beneficio, donde la asepsia del tejido estuvo supeditada al manejo y normas por las que se rigen estas plantas. No se consideraron los datos generales del donante. Las costillas fueron inmersas en peróxido de hidrógeno al 50% por 18 horas para obtener los

componentes inorgánicos del implante (Dasso *et al.* 1998; Martínez *et al.* 2009). El material inorgánico (costillas verdaderas) se conservó en frascos de plástico estériles con glicerina al 98% por 38 meses a temperatura ambiente (Martínez *et al.* 2012; Pérez *et al.* 2014).

Análisis de datos

La información recolectada durante el tiempo de experimentación se tabuló en hoja de cálculo Excel® y se analizó como un estudio de tipo experimental-inferencial. Los resultados del experimento se obtuvieron utilizando el software Statgraphics de la Universidad de Córdoba, Colombia. Para diseñar el experimento se plantearon los factores a estudiar: un factor A (intensidad de grados de dolor, claudicación, radiopacidad y circunferencia articular) y un factor B (90 días posteriores

a la cirugía del animal distribuidos a intervalos de 5 días) con sus respectivos niveles de operación. Se realizó tabla Anova con la prueba LSD Fisher al 95% de nivel de confianza ($p < 0,05$), que permitió determinar los factores con efecto estadísticamente significativo sobre la intensidad del grado. La validación del modelo se realizó a través de la prueba analítica de normalidad.

Evaluación clínica prequirúrgica

Claudicación en la marcha: se evaluó el grado de claudicación según la escala de valoración que se muestra en la tabla 1.

Dolor al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla: se describió la intensidad del dolor según la escala de valoración que se muestra en la tabla 2.

TABLA 1. Clasificación de los grados de claudicación

Grado	Características de la claudicación
Grado 0	No presenta claudicación.
Grado I	El apoyo es constante en estática y existe apoyo ligero en dinámica.
Grado II	El apoyo solo se observa en estática.
Grado III	El miembro afectado tan solo toca el piso para lograr el equilibrio del paciente en estática y no es apoyado en dinámica.
Grado IV	El miembro afectado se mantiene en el aire en todo momento. El paciente prefiere desequilibrarse antes que apoyarlo.

Fuente: Ramírez *et al.* (1997). Unidad técnica.

TABLA 2. Clasificación del grado de dolor al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla

Grado	Características del dolor
Grado 0	Ausencia de dolor. El animal no reacciona al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla.
Grado I	Los animales manifiestan dolor caracterizado por la presencia de algunos signos como vocalización, dilatación pupilar y aumento de los movimientos respiratorios sin retracción rápida del miembro al movimiento flexión-extensión de la articulación de la rodilla.
Grado II	Los animales presentan las manifestaciones grado I, retraen rápidamente la extremidad cuando se realizan los movimientos de flexión-extensión de la articulación de la rodilla e incluso pueden reaccionar agresivamente.

Fuente: elaboración propia.

Evaluación radiológica diagnóstica: se realizó proyección mediolateral de la rodilla a 90° de flexión en todos los animales durante la evaluación inicial para el diagnóstico radiográfico de RLCA. El criterio de inclusión fue la existencia del desplazamiento craneal de la tibia proximal con relación al fémur distal y la ausencia de modificación marcada a la evaluación radiológica de las columnas óseas (figura 1). La técnica radiográfica fue estandarizada (50 Kv, 2,20 mAs, 0,04 s).



FIGURA 1. Desplazamiento craneal de la tibia proximal con relación al fémur distal (signo de cajón) sin distorsión de la grasa infrapatelar. La línea amarilla trazada desde la cabeza de la fibula normalmente debe pasar craneal a las fabelas y en este caso lo hace craneal a la patela

Fuente: elaboración propia.

Estandarización para el corte de la tuberosidad tibial: se siguió la fórmula propuesta por Nakamura *et al.* (1985) y Fariña *et al.* (2011), en la que el corte de la tuberosidad tibial corresponde a 1/3 de

la longitud tibial y a 1/3 de su ancho. Para su planeación se tomaron proyecciones mediolateral de la tibia en extensión del miembro afectado en todos los animales. Para cada una de las medidas y ángulos tomados se utilizó el programa QuantorSv Ltda. 2010 (figura 2).

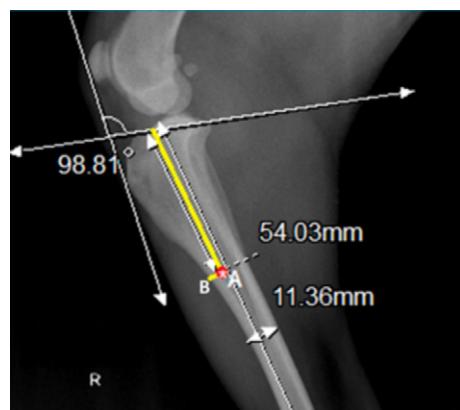


FIGURA 2. Diagrama de la línea de corte (línea amarilla). A. Punto de intersección de medidas. A-B. Ancho del corte, tercio anterior del diámetro diafisario tibial

Fuente: elaboración propia.

Estandarización del heteroimplante óseo (cuña) y medida de avance de tuberosidad tibial: para hallar el tamaño del heteroimplante óseo (longitud y ancho de la cuña) se utilizó la siguiente fórmula:

Espesor de Cuña =

$$\frac{1}{3} \text{ longitud tibial} \times \sin \theta \text{ (ángulo faltante)}$$

Para lo anterior se necesita conocer el valor del ángulo de desplazamiento de tuberosidad tibial, que se forma de 2 líneas perpendiculares que se interceptan entre sí; la primera, formada por 2 puntos ubicados craneal a la rótula y craneal a la tuberosidad tibial; la segunda, orientada sobre la meseta tibial por una línea que

pasa por los puntos de inserción de ambos ligamentos cruzados dejando la eminencia intercondílea como punto central.

Ejemplo: paciente con ruptura de ligamento cruzado anterior con longitud tibial de 199,90 mm, longitud de corte de 66,63 mm (1/3 de longitud tibial) y ángulo de desplazamiento prequirúrgico de 97,67° (ángulo restante a 90° de 7,67°) (figura 3A).

$$\begin{aligned} \text{Espesor de Cuña} = \\ 66,63 \text{ mm} \times \sin 7,67^\circ = 8,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tamaño de cuña a implantar 8,89 mm. Con esto se logra un ángulo aproximado de 90° entre el plato tibial y el tendón

rotuliano para obtener estabilidad articular (figura 3B).

Ubicación de la cuña ósea: para su implantación, los autores recomiendan dividir el área osteotomizada en 3 partes iguales, en las que el trazado proximal corresponde a la superficie articular tibial y el trazado distal corresponde al sitio final del corte de la tuberosidad. El sitio de implantación recomendado es el segundo tercio como se ve en la figura 4.

Procedimiento quirúrgico

Preoperatorio

Los animales fueron mantenidos en ayuno hídrico de 6 h y sólido de 24 h; se les

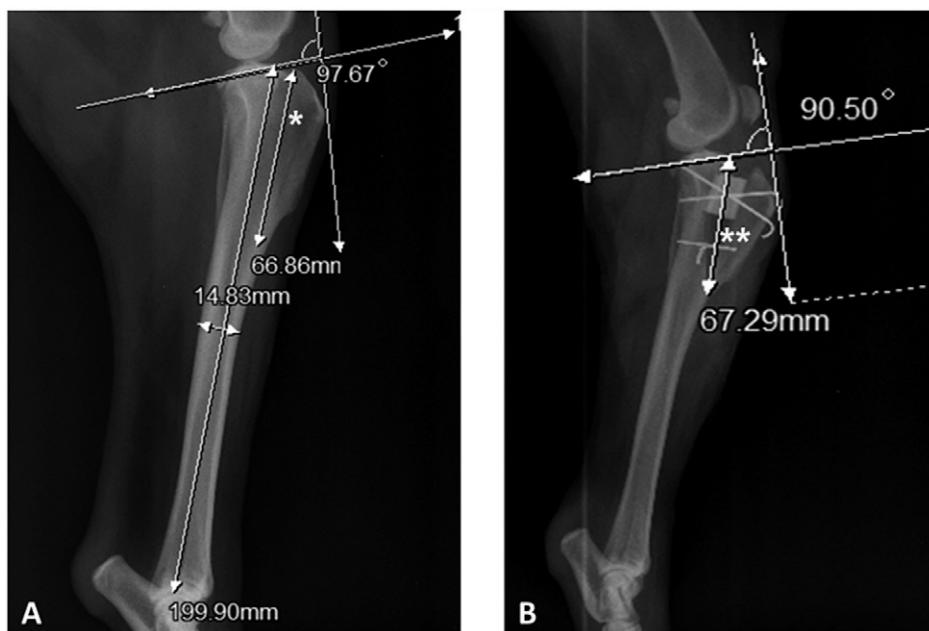


FIGURA 3. A. Angulación articular, *medida del corte de tuberosidad tibial. B. Angulación posquirúrgica de 90°, **corte posquirúrgico de tuberosidad tibial

Fuente: elaboración propia.

aplicó 4 mg/kg de gentamicina por vía intramuscular 45 min previos a la inducción anestésica y dosis única de morfina 0,2-0,4 mg/kg por vía intramuscular/animal como antibioticoterapia y analgésico, respectivamente.

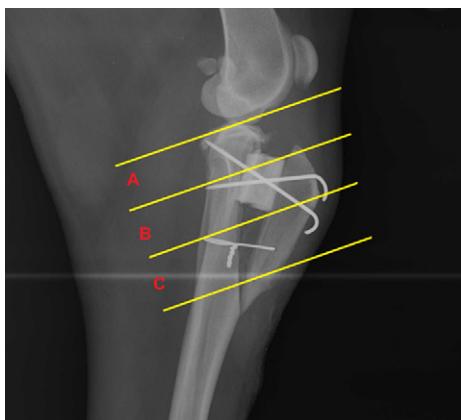


FIGURA 4. Área de implantación recomendada. A. Tercio proximal: línea inicial desde la superficie articular. B. Tercio medio: sitio de implantación ideal. C. Tercio distal: línea final hasta el corte de cresta
Fuente: elaboración propia.

Preanestesia y anestesia

Fueron sedados con acepromacina a dosis de 0,2 mg/kg/IM e inducidos con tiletamina/zolazepam a la dosis de 15-20 mg/kg/IV. El mantenimiento anestésico se consiguió con isofluorano. La preparación del campo operatorio fue hecha de manera rutinaria (Flecknell 1998).

Descripción de la técnica

La TTA ha sido descrita por varios autores, quienes emplearon diferentes medidas y relaciones anatómicas para los cortes y para las medidas de los dispositivos (Boudrieau 2009; Fariña *et al.* 2001; Kim *et al.* 2009; López 2012; Montavon *et al.* 2002; Nisell 1985; Tepic *et al.* 2002). Estas descripciones sirvieron de referencia para la propuesta registrada a continuación:

Se posiciona al paciente en decúbito lateral con la extremidad afectada hacia la mesa de cirugía, se realiza incisión cutánea pararrotuliana medial desde el tercio distal del fémur hasta la diáfisis proximal de la tibia. El subcutis y la fascia crural se

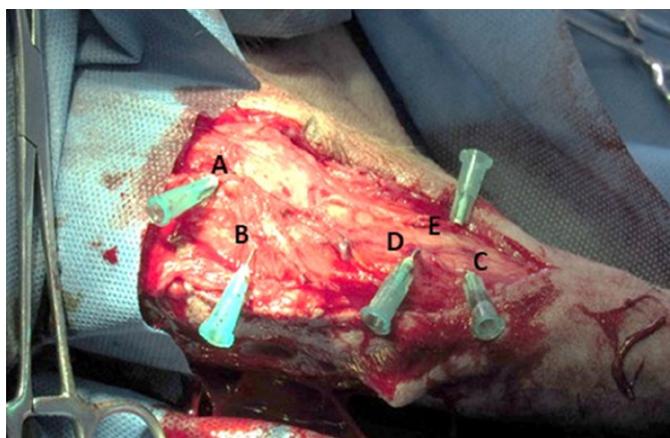


FIGURA 5. Identificación de puntos de referencia. A. Superficie articular de la tibia proximal. B. Punto más craneal de la tuberosidad tibial. C. Punto de finalización de la cresta tibial. D-E. Superficies craneal y caudal de la diáfisis tibial
Fuente: elaboración propia.

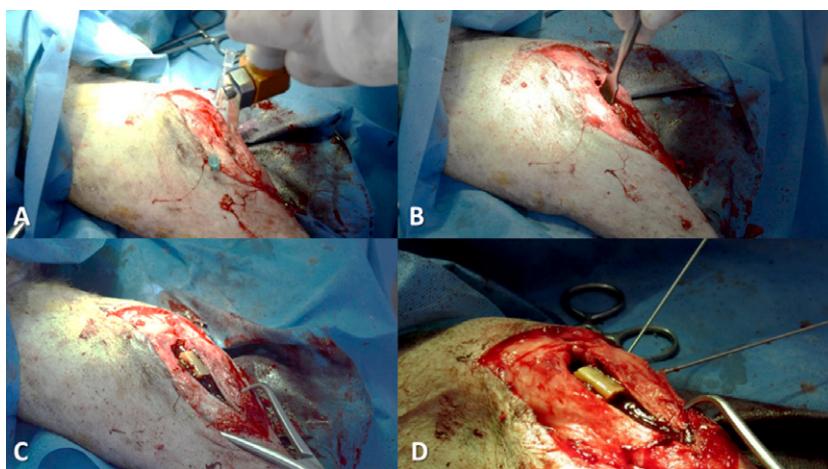


FIGURA 6. A. Osteotomía con sierra oscilante (marca: Boly BL8102). B. Efecto palanca con osteótomos sobre la cresta tibial osteotomizada. C. Avance de cresta tibial con heteroimplante óseo y empleo de pinza de cóndilo para facilitar la fijación de la cresta. D. Fijación del implante con clavos de osteosíntesis para hueso cortical. Los clavos se encuentran ubicados en forma cruzada y dirigidos hacia el centro del implante

Fuente: elaboración propia.

inciden en el mismo sentido que la incisión cutánea. Seguidamente, se identifica y se expone la tuberosidad tibial para marcar una línea imaginaria equidistante a las inserciones tibial del ligamento rotuliano y del ligamento colateral medial (figura 5), que corresponde al inicio de la osteotomía que va hasta el punto de finalización de la tuberosidad. La osteotomía se realiza con sierra oscilante (marca: Boly BL8102). La línea de osteotomía corresponde al tercio proximal de la longitud de la tibia. En cuanto al diámetro de corte, corresponde al 50% del diámetro de la diáfisis tibial. Se recomienda que el corte longitudinal, se curve 2 cm antes del punto de finalización, donde la concavidad va hacia la tuberosidad. Cabe anotar que la osteotomía se lleva hasta el final de la tuberosidad, lo que la deja unida a la diáfisis solo por tejido blando (figura 6A). Con un osteótomo se realizan

movimientos de palanca para comprobar y facilitar el desprendimiento casi total de la tuberosidad tibial osteotomizada (figura 6B).

El corte de la cuña con las medidas para cada paciente se realizó durante el intraoperatorio con el empleo de sierra oscilante. Para la fijación de la cuña en el nuevo espacio interóseo, se utilizaron 2 clavos de osteosíntesis de punta roscada para hueso cortical entre 1,5 mm y 2 mm, que dependen del tamaño del paciente (figuras 6C y 6D). Estos se implantaron de forma cruzada con dirección al centro del heteroimplante (figura 7). La fijación se complementó con cerclaje de la tuberosidad con alambre ortopédico. La síntesis del tejido blando se realizó de manera rutinaria empleando, para ello, polyglactin 910 del calibre 3-0 como sutura interna y seda calibre 2-0 como sutura externa.



FIGURA 7. Evaluación radiológica posquirúrgica de pacientes con avance de tuberosidad tibial mediante heteroimplante óseo en proyección mediolateral. A. Día 0. B. Día 8. C. Día 30. D. Día 60. E. Día 90. F. Día 120

Fuente: elaboración propia.

Postoperatorio

Se les administró morfina, 0,2-0,4mg/kg/12 horas/3 días/SC y 20 mg/kg de cefalotina sódica/24 horas/2 días/IM, como analgésico y antibioticoterapia, respectivamente. Terminada la cirugía y durante 3 días se realizó vendaje desde la región tibial distal hasta la región diafisiaria del fémur. Se realizó curación diaria de la herida quirúrgica con solución salina al 0,9% hasta obtener cicatrización completa con

retiro de puntos en el día 15. El retiro de los implantes ortopédicos se realizó a los 4 meses.

Evaluación clínica posquirúrgica

Claudicación en la marcha y dolor al movimiento de flexión-extensión

Los animales fueron evaluados cada 5 días por un periodo de 90 días, en el que se clasificó el grado de claudicación a la marcha y

el dolor al movimiento de flexión-extensión de la articulación de la rodilla, según las tablas 1 y 2, respectivamente.

Evaluación del edema, dehiscencia de la herida y secreción purulenta

Para determinar edema, se midió cada 24 horas por 15 días la circunferencia articular con ayuda de cinta métrica. La primera medición se hizo finalizada la cirugía. En cuanto a la dehiscencia de la herida y la secreción purulenta, se clasificó como ausente o presente.

Evaluación radiográfica posquirúrgica

Análisis radiográfico de la implantación

Se realizó proyección mediolateral de la rodilla, después de la cirugía y a los 30, 60, 90 y 120 días. Las radiografías se analizaron en cuanto a su radiopacidad para clasificarlas en grados, de acuerdo con la comparación entre el hueso implantado y el hueso circunvecino (tuberosidad tibial y tibia caudal) (tabla 3).

Análisis radiográfico del ángulo de avance

Se realizó proyección mediolateral de la rodilla durante la evaluación inicial,

después de la cirugía y a los 8, 30, 60 y 90 días para determinar el valor del ángulo de avance (mayor o menor a 90°) con el programa QuantorSv Ltda. 2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación clínica

Los resultados del experimento se analizaron con el *software* Statgraphics de la Universidad de Córdoba, Colombia. Según la tabla 4, Anova, los 2 valores-P menores que 0,05 tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la intensidad del grado (claudicación y dolor), con un 95,0% de nivel de confianza.

El análisis se basó en las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó el gráfico de interacción entre intensidad del grado con los días del periodo posquirúrgico (figura 8).

Evaluación de la claudicación

Cada miembro fue observado a la marcha durante 90 días posquirúrgicos con intervalos de observación de 5 días. Previo a la cirugía, el 60% de los pacientes tenían claudicación grado I y el 40% restante claudicación grado IV. Se puede decir, según la gráfica, que los pacientes hasta el día 15 posquirúrgico presentaron

TABLA 3. Clasificación de los grados de radiopacidad del implante óseo (cuña) con respecto al hueso circunvecino

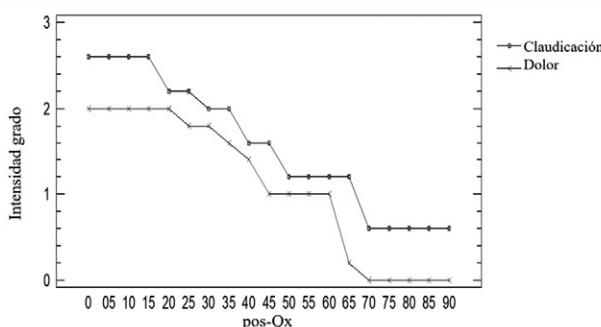
Grado	Características radiológicas
Grado 0	Radiopacidad intensamente mayor a la cortical del hueso circunvecino.
Grado I	Radiopacidad discretamente mayor a la cortical del hueso circunvecino.
Grado II	Radiopacidad semejante a la cortical del hueso circunvecino.
Grado III	Radiopacidad menor a la del hueso circunvecino (involucro).

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Análisis de varianza para intensidad grado-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: grado	10,6579	1	10,6579	22,88	0,0000
B: días pos-Qx.	112,411	18	6,24503	13,41	0,0000
Interacciones					
AB	2,24211	18	0,124561	0,27	0,9989
Residuos	70,8	152	0,465789		
Total (corregido)	196,111	189			

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 8.** Interacción intensidad grados-días del periodo posquirúrgicos

Fuente: elaboración propia.

claudicación grado III, que desde el día 20 hasta el día 65 se mantuvo en grado II y que esta involucionó a grado I alrededor del día 70. Al final del periodo todos los animales presentaron apoyo normal del miembro tratado.

Los resultados obtenidos concuerdan con los presentados por Castaño (2015), Imholt *et al.* (2011), Ramos (2015) y Yeadon *et al.* (2011), en estudios comparativos de TTA con implante metálico y ácido hialurónico, TTA clásica Securos y TTA Porous, sin observar diferencias significativas entre el tiempo de presentación

de la claudicación con respecto a la técnica quirúrgica. La constante posoperatoria fue la mejora en el tiempo a partir de la sexta semana.

Al parecer la evolución positiva de la claudicación está ligada a la estabilización biomecánica de la rodilla (Smith *et al.* 2005) por una correcta colocación y estabilización del heteroimplante y por ausencia de complicaciones posquirúrgicas en todos los casos. Por otra parte, el menor tiempo de recuperación de algunos animales puede estar asociado a la cronicidad de la RLCA porque, en lesiones más antiguas, la fibrosis

periarticular tiende a estabilizar la rodilla de manera fisiopatológica haciendo que el signo de cajón sea menos evidente (Jerran y Walker 2003).

Penha y Padilha (1998) y Semiglia *et al.* (2006), no reportan complicaciones clínicas al usar implantes de hueso cortical bovino para tratar fracturas diafisiarias de huesos largos en perros y gatos.

La evaluación clínica favorable del uso de heteroimplante óseo (costilla bovina) para TTA como tratamiento de RLCA coincide con los resultados obtenidos por Hancox *et al.* (1961) en su estudio con heteroimplantes desproteinizados usados para llenar defectos óseos.

Evaluación del dolor al movimiento flexión-extensión

Cada miembro fue valorado mediante movimientos de flexión-extensión durante 90 días con intervalos de observación de 5 días. Previo a la cirugía, el 100% de los pacientes presentaron grado II de dolor, que se mantuvo hasta el día 30 posquirúrgico. Hubo involución completa al final de la evaluación, como se muestra en la figura 8.

Los resultados concuerdan con el reporte de Muir *et al.* (2011), Ramos (2015) y Tepic *et al.* (2002), quienes afirman que a la segunda semana posoperatoria el 62% de

los animales sometidos a TTA presentan dolor grado I y II a la hiperextensión, a la cuarta semana el 72% presentó dolor grado I y, para la décima semana, todos los animales presentaron mejoría al movimiento de extensión.

Evaluación de la circunferencia articular

Para probar la significancia estadística de cada factor (pacientes y días posquirúrgicos), se presenta la tabla Anova (tabla 5). Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que los 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo.

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó la gráfica de interacción entre la circunferencia de la rodilla con los días del posquirúrgico (figura 9).

Durante los primeros 5 días después de la cirugía, se encontraron los mayores valores de circunferencia de la rodilla; sin embargo, al sexto día, todos los animales tenían en promedio el mismo perímetro. De allí en adelante disminuyó la inflamación, lo que sugiere que el heteroimplante empleado no afecta negativamente la respuesta inflamatoria (Martínez 2008).

TABLA 5. Análisis de varianza para circunferencia de la rodilla-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Valor-P	
Efectos principales					
A: días pos-Qx.	44,0209	15	2,93473	3,85	0,0001
B: paciente	8,84675	4	2,21169	2,90	0,0291
Residuos	45,7372	60	0,762287		
Total (corregido)	98,6049	79			

Fuente: elaboración propia.

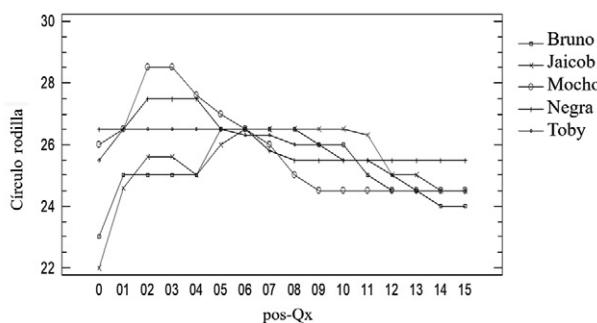


FIGURA 9. Interacción entre la circunferencia de la rodilla y los días del posquirúrgico
Fuente: elaboración propia.

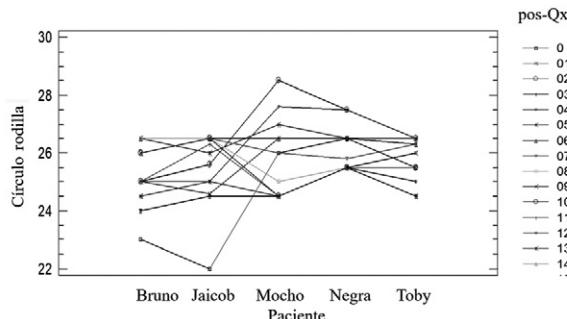


FIGURA 10. Interacción entre circunferencia de la rodilla, en cada uno de los 5 pacientes
Fuente: elaboración propia.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Wander *et al.* (2000) y Zunino *et al.* (2004), quienes reportaron que los heteroimplantes bovinos de hueso cortical desproteinizado implantados en perro provocaron una reacción inflamatoria mononuclear que no afecta la osteoinducción ni la remodelación ósea del hueso implantado con respecto al receptor, gracias a que los métodos de conservación de implantes naturales, en especial de hueso, tienen dentro de su objetivo reducir su antigenicidad, para lo cual es necesario remover toda la parte

proteica (Hancox *et al.* 1961; Elves y Salama 1974).

El otro gráfico que se analizó es el de la interacción entre la circunferencia de la rodilla, en cada uno de los 5 pacientes que se muestra a continuación (figura 10).

Este gráfico expresa lo siguiente:

En general, el comportamiento de la circunferencia de la rodilla fue similar en los 5 animales. El 80% de los pacientes no presentaron secreciones purulentes ni dehiscencia de la herida con cicatrización cutánea completa para el día 15. Solo un paciente (20%) presentó una respuesta

inflamatoria mayor debida a una reacción de cuerpo extraño en respuesta al hilo de sutura absorbible que se hizo visible (polyglactin 910), con cicatrización al día 20 posterior a la retirada de la sutura.

Evaluación radiográfica

La tabla 6 (Anova) descompone la variabilidad del grado de la característica radiológica. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre

el grado de la característica radiológica con un 95,0% de nivel de confianza.

Para realizar el análisis se tomaron en cuenta las gráficas de las interacciones. En primer lugar, se revisó el gráfico de interacción entre grado de la característica radiológica y los días del periodo posquirúrgico (figura 11).

Durante los primeros 8 días después de la cirugía, la radiopacidad estaba en grado 0 en ambas superficies, con respecto al heteroimplante (figuras 7A y 7B); sin embargo, a partir del día 30 hubo mejor respuesta desde la superficie tibial caudal

TABLA 6. Análisis de varianza para grado de características radiológicas-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: superficie	2,81667	1	2,81667	11,27	0,0016
B: días pos-Qx.	69,8833	5	13,9767	55,91	0,0000
Interacciones					
AB	2,28333	5	0,456667	1,83	0,1254
Residuos	12,0	48	0,25		
Total (corregido)	86,9833	59			

Fuente: elaboración propia.

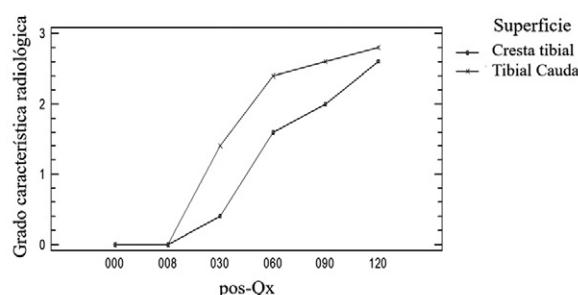


FIGURA 11. Interacción entre grado de la característica radiológica, con los días posquirúrgico

Fuente: elaboración propia.

(figura 7C), pasó a grado II desde el día 60 (figura 7D) y, a los 90 días del posquirúrgico, ambas superficies (tuberosidad tibial y tibia caudal) alcanzaron en promedio el grado III de radiopacidad con respecto al heteroimplante, hasta el final del periodo de evaluación (figuras 7E y 7F). En otro sentido, se puede decir que a medida que avanzó el posoperatorio, la radiopacidad del heteroimplante fue disminuyendo como parte del proceso normal de la reparación y remodelación ósea, este alcanzó una intensidad parecida a la del hueso receptor. Los resultados concuerdan con lo reportado por Di Sevo (2013), Semiglia *et al.* (2006), Bojrab (1996). En estudio con animales sometidos a osteosíntesis de húmero proximal con clavos intramedulares de

hueso cortical bovino en el que, al día 90, se dio la reparación completa del defecto y ausencia de claudicación (grado 0). De igual manera, las propiedades osteoconductoras del heteroimplante óseo, en sus características de hueso corticoesponjoso, permitieron la invasión de tejido vascular y células provenientes de tejido receptor (Berven *et al.* 2010), las que encuentran en estas estructuras el microambiente para el desarrollo, crecimiento y expansión de hueso.

Evaluación de ángulo de avance

La tabla Anova (tabla 7) descompone la variabilidad del ángulo de la articulación en contribuciones debida a varios factores, la cual arrojó que no existe diferencia

TABLA 7. Análisis de varianza para el ángulo articulación-suma de cuadrados tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Efectos principales					
A: días pos-Qx.	1,83594	4	0,458984	0,04	0,9969
B: paciente	138,318	4	34,5794	2,87	0,0574
Residuos	192,816	16	12,051		
Total (corregido)	332,969	24			

Fuente: elaboración propia.

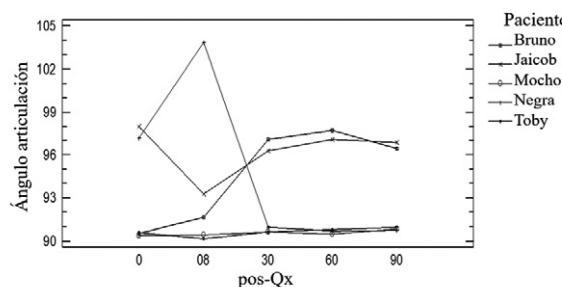


FIGURA 12. Interacción entre ángulo de articulación de la rodilla-días del posquirúrgico

Fuente: elaboración propia.

significativa. Se realiza el análisis del experimento a través de la revisión de las gráficas de las interacciones (figura 12).

Durante los primeros 8 días posquirúrgicos, se presentó incremento brusco del ángulo en 1 de los pacientes, atribuido al desplazamiento de la cuña por sobreesfuerzo y superada a partir del día 30, se aprecia que el ángulo se aproximó a 90°. Quedaron con ángulo articular mayor a 90° al momento de la implantación 2 de los 5 pacientes y, a medida que fue avanzando la cicatrización ósea, el ángulo se aproximó a los 90°. Lo anterior se reflejó en el comportamiento que tuvo la variable *claudicación* atribuida a la neutralización del movimiento de cizallamiento ejercido sobre la articulación y disminución de la tensión sobre los ligamentos cruzados, lo que coincide con los resultados de Verez *et al.* (2016).

CONCLUSIONES

Los animales tratados quirúrgicamente mediante TTA con heteroimplante óseo bovino presentaron resultados positivos en la evaluación clínica (claudicación, dolor por flexión-extensión y circunferencia de la articulación) por la buena estabilización de la rodilla. El proceso de medición de la circunferencia tibial presentó una respuesta inflamatoria de fase aguda con normalización al final del estudio. Las radiografías mostraron que la radiopacidad del heteroimplante con respecto al hueso circunvecino fue disminuyendo gradualmente hasta conseguir su radiocontraste; además, se consiguieron angulaciones de alrededor de los 90°, por lo que la técnica se considera una opción para tratar la RLCA en caninos.

REFERENCIAS

- Berven S, Tay BK, Kleinstueck FS, Bradford DS. 2010. Clinical applications of bone grafts substitutes in spine surgery: consideration of mineralized and demineralized preparation and growth factor supplementation. *Eur. Spine J.* 10(2):169-177.
- Bojrab J. 1996. *Fisiopatología y clínica quirúrgica en pequeños animales*. 2.^a ed. Buenos Aires: Intermédica.
- Bojrab M, Monnet E. 2011. *Mecanismos de enfermedades en cirugía de pequeños animales*. 3.^a ed. Buenos Aires: Intermédica.
- Boudrieau R. 2009. Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement. *Vet Sur.* 38(1):1-22.
- Bruin T, Rooster H, Bosmans T, Duchateau L, Bree H, Gielen I. 2007. Radiographic assessment of the progression 8. of osteoarthritis in the contralateral stifle joint of dogs with a ruptured cranial cruciate ligament. *Vet Rec.* 161:745-750.
- Brun M, Pippi L, Driemeier D, Contesini A, Contesini EA, Beck C, Cunha O, Lemos Pinto ST, Roeshig C, Stedile R, Silva TF. 2004 Solução hipersaturada de sal ou de glicerina a 98% como conservante de centros frênicos caninos utilizados na preparação de defeitos musculares en ratos wistar. *Cienc Rural.* 34(1):147-53.
- Castañón F. 2015. Estudio comparativo de las técnicas quirúrgicas, TTA clásica Securos, TTA Porous y TTA Porous con PRP, para el tratamiento de rotura del ligamento cruzado anterior del perro. [Tesis doctoral]. [España] Universidad de León.
- Dasso G, Fernández M, Arias J. 1998. Reparación ósea mediante aloimplantes sometidos a diferentes métodos de conservación en conejos. *Arch Med Vet.* 30(2):57-66.
- Di Sevo V. 2013. Utilización de hueso xenogénico como elemento de osteosíntesis en medicina veterinaria. [Tesis Doctoral]. Montevideo: Universidad de la República de Uruguay; 1-68.
- Elves M, Salama R. 1974. A study of the development of cytotoxic antibodies produced in recipients of xenografts (heterografts) of iliac bone. *J Bone Joint Surg.* 56B (2):331-339.

- Fariña P, Espinoza C, Fajardo I, Felipe S. 2001. Estudio descriptivo de la técnica quirúrgica de avance tuberosidad tibial modificada, mediante uso de tornillo TDF, para la ruptura de ligamento cruzado craneal. *J Hos Vet.* (3):120-125.
- Flecknell P. 1998. Anestesia de animales de laboratorio: introducción práctica para investigadores y técnicos. 2.^a ed. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Giovani A, Croci A, Oliveira C, Filippi R, Santos L, Maragni G, Albhy T. 2006. Comparative study of cryopreserved bone tissue and tissue preserved in a 98% glycerol solution. *Clinics (São Paulo).* 61(6):565-570.
- Hancox M, Owen R, Singleton A. 1961. Cross-species grafts of deproteinised bone. *J Bone Joint Surg.* 43B(1):152-161.
- Harasen G. 2002. Diagnosing rupture of the cranial cruciate ligament. *Can Vet J.* 43(6):475-476.
- Imholt M, Moller S, Fehr M, Meyer-Lindenberg A. 2011. Lameness and osteoarthritis development following tibial plateau leveling osteotomy (TPLO) and potential prognostic predictors. A long-term retrospective study. *Tierarztl Prax K H.* 39(5):323-335.
- Jerram R, Walker A. 2003. Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. *NZ Vet J.* 51(4):149-158.
- Kim HJ, Fernandez JW, Akbarshahi M, Walter JP, Fregly BJ, Pandy MG. 2009. Evaluation of predicted knee-joint muscle forces during gait using an instrumented knee implant. *J Orthop Res;* 27(10):1326-1331.
- López J, Guaimás L, Báez A, Lockett M, Maidana R. 2007. Tratamiento quirúrgico de hernias perineales en caninos mediante el uso de pericardio equino conservado en glicerina. *Rev Vet.* 18(1):3-8.
- López J. 2012. Avance de la tuberosidad tibia con injerto autólogo de ala del isquion. Clínica Veterinaria Puga, Ourense. Portal Veterinario Argos 45 [Internet]. [citado 2017 oct 24]. Disponible en: <https://argos.portalveterinaria.com/noticia/8423/articulos-archivo/avance-de-la-tuberosidad-de-la-tibia-con-injerto-autologo-del-ala-del-isquion.html>
- Martínez M. 2008. Composito de hidroxiapatita e lignina como promotor de osseointegración entre implante metálico e tecido ósseo: estudio experimental. [Tesis de maestría]. [Vicosa] Universidade Federal de Vicosa.
- Martínez M, Borges B, Pompermayer G, Carlo C, Vilela M, Rates M, Morato O, Eleotério B, Bicalho M. 2009. Osseointegração clínica-radiológica do compósito hidroxiapatita-lignina entre implante metálico e tecido ósseo em coelho. *Arq. Bras Med Vet Zoo.* 61(4):835-843.
- Martínez M, Ballut J, Lozano E. 2012. Evaluación microscópica en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de biocompatibilidad de aloimplante de meniscos conservados en glicerina al 98%. *Rev Científica FCV-LUZ.* 22(4):332-40.
- Montavon P, Damur D, Tepic S. 2002. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. En: 1st world orthopedic veterinary congress, Munich, Germany. ESVOT-VOS. 152.
- Musté RM, 2013. Análisis comparativo de la rigidez al desplazamiento antero-posterior de la rodilla canina completa, rodilla con rotura del ligamento cruzado anterior y rodilla reparada con la técnica de avance de la tuberosidad tibial. [Tesis doctoral]. [Cataluña] Universitat Politècnica De Catalunya.
- Muir P, Schwartz Z, Malek S, Kreines A, Cabrera Y, Buote N, Bleedorn J, Schaefer S, Holzman G, Hao Z. 2011. Contralateral cruciate survival in dogs with unilateral non-contact cranial cruciate ligament rupture. *Plos One.* 6(10):253-311.
- Nakamura N, Ellis M, Seedhom B. 1985. Advance of the tuberosity, a biomechanical study. *Society of Bone and Joint Surgery.* 67(2):255-260.
- Nisell R. 1985. Mechanics of the Knee: A Study of Joint and Muscle Load with Clinical Applications. *Acta Orthop.* 56. 216:1-42.
- Padilha J, Carvalho L, Figueiredo S. 2008. Uso do enxerto ósseo cortical bovino conservado em glicerina a 98% na osteotomia femoral em gatos. *Ciênc Anim Bras.* 9(4):1071-1078.
- Penha L, Padilha J, Brasil F. 1998. Use of intramedullary nail xenograft made from bovine cortical bone, preserved in 98% glycerol, for the treatment of femoral diaphysis osteotomy in the cat. A clinical study. XXIII Congreso de la Asociación Mundial de Medicina Veterinaria de Pequeños.

- Pérez D, Lancheros V, Martínez M. 2014. Evaluación geométrica de meniscos frescos y conservados en glicerina al 98%. Estudio en conejos (*Oryctolagus cuniculus*). Rev MVZ Córdoba. (28):23-30
- Ramírez G, Hernández M, Sotoscoy C. 1997. Universidad Técnica. En: Área quirúrgica, ortopedia y traumatología. 1.^a ed. México D. F. Universidad Autónoma de México. 21-36.
- Ramos P. 2015. Eficacia de Hyal-Joint en sinovitis canina: ensayo clínico en perros con rotura de ligamento cruzado craneal tras tratamiento por avance de la Tuberosidad Tibial (TTA). [Tesis doctoral]. [Valencia] Universidad CEU Cardenal Herrera.
- Semiglia G, Izquierdo D, Zunino J. 2006. Reparación quirúrgica de defectos esqueléticos en pequeños animales mediante implantes óseos xenogénicos desantigenizados: resultados preliminares. J Veterinaria Montevideo. (41):45-48.
- Smith G, Myers SL, Brandt KD, Mickler EA, Albrecht ME. 2005. Effect of intraarticular hyaluronan injection on vertical ground reaction force and progression of osteoarthritis after anterior cruciate ligament transaction. J Rheumatol. 32 (2):325-334.
- Tepic S, Damur D, Montavon D. 2002. Biomechanics of the Stifle. En: 1st World Orthopedic Veterinary Congress, Munich, Germany. ESVOT-VOS 189-190.
- Verez F, Reviriego L, Köstlin R, Climent Peris S, Sánchez F, Gargallo J. 2016. Patologías ortopédicas de la rodilla. Zaragoza, España: Servet Editorial.
- Wander W, Schwartz D, James P, Power E, Taylor B, Wimsatt H. 2000. Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. Vet Surg. 29(3):237-244.
- Yeadon R, Fitzpatrick N, Kowaleski P. 2011. Tibial tuberosity transposition-advancement for treatment of medial patellar luxation and concomitant cranial cruciate ligament disease in the dog. Surgical technique, radiographic and clinical outcomes. Vet Comp Orthop Traumtol. 24(1):18-26.
- Zunino H, Bengochea M, Johnston J, Deneo H, Hernández S, Servetto C, Taranto L, Ordoqui G. 2004. Inmunologic and osteogenic properties of xenogeneic and allogeneic demineralized bone transplants. J Cell and Tissue Banking. (5):141-148.

Forma de citación del artículo

Pérez DM, Martínez MM, Cardona JA. 2021. Avance de tuberosidad tibial con heteroimplante óseo para el tratamiento de ruptura de ligamento cruzado anterior en caninos. Rev Med Vet Zoot. 68(1): 19-36. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97249>

Prevalencia y factores de riesgo del comportamiento anormal estereotipado aerofagia en el caballo criollo colombiano

J. J. Patiño Marulanda¹, S. A. Vélez Gil², J. R. Martínez Aranzales³*

Artículo recibido: 20 de marzo de 2020 - Aprobado: 24 de febrero de 2021

RESUMEN

La aerofagia es la estereotipia clásica más común en los equinos, con una etiología poca entendida; sin embargo, se reconoce por ser de naturaleza multifactorial. Además, se ha asociado con efectos negativos sobre la salud de los equinos portadores. El objetivo de este estudio fue describir los factores de riesgo y la frecuencia de presentación de la aerofagia en una población de caballos criollos colombianos (CCC). Fueron encuestados 42 criaderos, entre los que se presentó un total de 1063 CCC (488 machos y 575 hembras). De esta población, el 5,27% (56 animales) fue plenamente identificado con aerofagia. Esta prevalencia fue superior a la mayoría de otros reportes de Sur América. La aerofagia, posiblemente obedeció tanto a factores inherentes al animal como a factores externos relacionados con el manejo; sin embargo, se requiere el diseño de estudios longitudinales sobre prácticas de manejo y de líneas dentro de la raza para cuantificar y validar la información relacionada con la posible predisposición genética o racial a la aerofagia y a otras estereotipias y comportamientos anormales observados en estos animales.

Palabras clave: bienestar, equinos, estereotipia, estrés.

Prevalence and Risk Factors of Abnormal Stereotyped Crib-Biting Behavior in the Colombian Creole Horse

ABSTRACT

Crib-biting is the most common classic stereotype in equines, with a poorly understood etiology; however, it is recognized for being multifactorial in nature. Furthermore, it has been associated with negative effects on the health of horses. The objective of this study was to describe the risk factors and the frequency of presentation of crib-biting in a population of Colombian Creole Horses (CCC by its Spanish acronym). We surveyed Forty-two properties, which meant a total of 1063 CCC (488 males and 575 females). Of this population, 5,27% (56 animals) were fully identified with crib-biting. This prevalence was higher than most other reports in South America. Crib-biting is possibly

¹ Línea de Investigación en Medicina y Cirugía Equina (Limce). Grupo de investigación Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 # 52-21, A. A. 1226, Medellín-Colombia. *juan.patiño7@udea.edu.co.

² Línea de Investigación en Medicina y Cirugía Equina (Limce). Grupo de investigación Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 # 52-21, A. A. 1226, Medellín-Colombia.

³ Línea de Investigación en Medicina y Cirugía Equina (Limce). Grupo de investigación Centauro, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 # 52-21, A. A. 1226, Medellín-Colombia.

due to both inherent of the animal and external factors related to management; however, the design of longitudinal studies on management practices and genetic lines within the breed is required to quantify and validate the information related to the possible genetic or racial predisposition for this and other stereotypes and abnormal behaviors observed in horses.

Keywords: welfare, equine, stereotypy, stress.

INTRODUCCIÓN

La aerofagia es un comportamiento anormal estereotipado; entre este tipo de comportamientos, es la estereotipia oral más común en equinos. La ejecución de este se caracteriza por la flexión y contracción muscular del cuello y la emisión de un ruido, originado por la succión de aire con o sin el apoyo de los dientes incisivos superiores sobre superficies (McGreevy y Nicol 1998). La etiología es poca entendida; sin embargo, se reconoce por ser de naturaleza multifactorial. Varios estudios han sugerido la asociación de este comportamiento con una alteración de la fisiología neuroendocrina y de la función cerebral, con cambios en la serotonina, dopamina, cortisol y opioides endógenos (Lebelt *et al.* 1998; McBride y Hemmings 2009; Hemmings *et al.* 2007; Parker *et al.* 2008). Recientemente, se ha descrito el estrés oxidativo con bajos niveles de antioxidantes endógenos en equinos con aerofagia, similar a los hallazgos de conductas repetitivas y compulsivas como esquizofrenia, depresión y ansiedad en seres humanos (Omidi *et al.* 2017; Omidi *et al.* 2018).

Existen varios trabajos que reportan la frecuencia de presentación y los factores de riesgos de la aerofagia en equinos alrededor del mundo. Prevalencias entre 0,9 y 13,3% se han descrito en diferentes razas, en diversas actividades físicas y en diversos tipos de manejo (Pell y McGreevy

1999; Waters *et al.* 2002; Albright *et al.* 2009; Dezfooli *et al.* 2014), lo que indica influencia directa en estas cifras tanto de los factores inherentes al animal como de las condiciones medioambientales y de manejo. Por tanto, la estabulación y algunos manejos asociados a la domesticación (Muñoz *et al.* 2015), como la alimentación fraccionada y rica en concentrados (Hothersall y Nicol 2013), el aislamiento social, el destete artificial, la predisposición genética (Hemmann *et al.* 2014) y el temperamento (Ijichi *et al.* 2013), son implicados en el desarrollo de comportamientos estereotipados.

La aerofagia se ha asociado con efectos negativos sobre la salud de los equinos que presentan esta estereotipia. Esta alteración ha sido considerada como factor predisponente para el cólico (Escalona *et al.* 2014), por aumento del tránsito intestinal (McGreevy *et al.* 2001), para distensión y obstrucción simple de colon (Hillyer *et al.* 2002), para atrapamiento del intestino delgado en el foramen epiplóico (Archer y Proudman 2006) y para ulceración gástrica (Bell *et al.* 2007; Wickens *et al.* 2013), además de para problemas dentarios por desgaste de incisivos (Dixon y Dacre 2005), osteoartropatía temporohipoidea (Grenager *et al.* 2010; Saito y Amaya 2019), pérdida de peso y condición corporal (Houpt y McDonnell 1993), impacto en el rendimiento y aprendizaje (Parker *et al.* 2008) y pérdida

del valor comercial (Wickens y Heleski 2010; McGreevy 2012).

Actualmente, no existe literatura publicada sobre la prevalencia y los factores asociados a la aerofagia en el caballo criollo colombiano (CCC); sin embargo, se conocen aspectos de temperamento y manejo particulares de estos ejemplares, así como también de las condiciones medioambientales y el tipo de actividad asociados con indicadores de estrés crónico elevado, reflejado en hiper cortisololemia reportada en un estudio previo (Zuluaga y Martínez 2017). Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo describir los factores de riesgo y la frecuencia de presentación de la aerofagia en una población de CCC.

MATERIALES Y MÉTODOS

A través de formatos de encuestas prediseñados, se entrevistaron con visita directa (*in situ*) a veterinarios, propietarios, palfreneros o tratadores de cada una de las 42 propiedades (criaderos), distribuidas en 10 municipios del departamento de Antioquia, Colombia. La encuesta, además de la autorización e identificación de cada criadero, contempló en su estructura aspectos generales e inherentes a los animales (sexo y edad) y al manejo (tipo y tiempo de estabulación, esquema de alimentación, tiempo de ejercicio y fin zootécnico), y la presencia de alteraciones de comportamiento (comportamientos anormales o estereotipias).

Una vez se identificaron caballos con aerofagia en los criaderos encuestados, se les realizó un examen clínico general y se desarrolló otro cuestionario individual con información específica y relevante para la caracterización de los caballos portadores de esta estereotipia, que contemplaba aspectos intrínsecos a los animales (sexo, edad, tipo

de temperamento y estado fisiológico) y aspectos extrínsecos —asociados al manejo—, como características de las pesebreras (material, tamaño, diseño, luminosidad y ventilación), alimentación (fuente, cantidad y frecuencia), fin zootécnico, tipo de andar y horas de ejercicio por semana. También se incluyeron preguntas específicas para la caracterización de la aerofagia (tipo, frecuencia, momento y tiempo de realización), así como la presencia de otros comportamientos anormales asociados.

Antes de interrogar por la presencia de estas conductas, a los entrevistados se les describió detalladamente en qué consistían cada una de ellas, así como los tipos de temperamento, lo cual se consolidó como una estrategia de capacitación previa al interrogatorio para evitar confusión y obtener con mayor precisión la información reportada. Para la descripción de los comportamientos anormales se tuvieron en cuenta los conceptos descritos en estudios previos (Soave y Brand 1991; Houpt y McDonnell 1993; McGreevy y Nicol 1998; Cooper *et al.* 2000; Mills *et al.* 2005; Mills y Riezebos 2005), así como para la clasificación de los comportamientos (Le Scolan *et al.* 1997; Momozawa *et al.* 2003). Adicionalmente, los grupos, categorías y clasificación de las variables, tuvieron como criterio común los reportes de frecuencia de anteriores estudios. Toda la información obtenida se consignó en hojas de Excel para su respectivo análisis.

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética para la Experimentación Animal de la Universidad de Antioquia, protocolo n.º 1062016.

Análisis estadístico

Los datos fueron tabulados, sistematizados en planillas de Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), analizados con

estadística descriptiva y plasmados en tablas de frecuencia con reportes en porcentaje en correspondencia con la población objeto de estudio. Además, se analizó por medio de OR la existencia de riesgo asociado con las variables relacionadas con aerofagia a través de tablas bivariadas y verificado a través de

la prueba de Chi-cuadrado, en esta es considerado significativo el valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

El número de propiedades (criaderos) encuestadas, con el total de caballos y las

TABLA 1. Caracterización de la población de caballos criollos colombianos y de los criaderos encuestados, considerada población inicial para la determinación de la frecuencia de presentación de aerofagia

Características	Número de propiedades	Número de animales
Población encuestada		
Sexo		
Machos	488	45,91
Hembras	575	54,09
Fase etaria		
< 1 año	63	5,93
1-5 años	253	23,8
6-10 años	523	49,2
11-15 años	178	16,75
> 16 años	46	4,33
Función zootécnica		
Recreación	37	88,09
Exposición	10	23,8
Reproducción	6	14,28
Mixta	14	33,33
Horas ejercicio/semana		
0 h	3	7,15
1-3 h	10	23,8
3-5 h	24	57,15
> 5 h	5	11,9
Frecuencia de ración (concentrado)		
2 veces/día	8	19,05
3 veces/día	27	64,29
4 veces/día	4	9,52
5 veces/día	2	4,76
6 veces/día	1	2,38
Presencia de comportamientos anormales	18	42,86
Presencia de estereotipias	28	66,67

Fuente: elaboración propia.

características inherentes a los animales y aspectos de manejo, se presenta en la tabla 1. Se obtuvo un total de 1063 ejemplares de la raza CCC de 42 propiedades; es decir, $25,3 \pm 16,1$ el promedio de caballos por criadero. Las cantidades menor y mayor de animales encontrados en los criaderos fueron 5 y 72 caballos, respectivamente. Los animales estudiados pertenecían a ambos sexos (45,9% machos y 54,1% hembras) y fueron agrupados en las siguientes fases etarias: < 1 año (5,9%), entre 1 y 5 años (23,8%), entre 6 y 10 años (49,2%), entre 11 y 15 años (16,7%) y > 16 años (4,3%).

Todos los caballos de la población seleccionada permanecían en estabulación por más de 18 h/día en promedio, en alternancia con períodos de ejercicio que oscilaron entre 0 y 5 h/semana. Adicionalmente, cumplían diferentes funciones zootécnicas. Dentro el esquema de alimentación, tuvieron como fuentes comunes, pasto de corte, heno (gramínea y alfalfa), concentrado (pellets, grano), sal y agua a voluntad. En algunos criaderos se ofrecían, adicionalmente, maíz extruido y capachos de maíz. Se evidenció que el 64,2% de los criaderos, administraban 3 veces/día una ración de concentrado comercial, verificándose otras frecuencias de suministro distribuidas entre el resto de criaderos.

De las 42 propiedades encuestadas, 19 mencionaron tener individuos con comportamientos anormales, como lignofagia, coprofagia y pateo constante a la pesebrera; y 28 indicaron tener individuos que realizaban comportamientos estereotipados, como balanceo, caminar en círculos en pesebrera y aerofagia. Con relación a la presencia de aerofagia, 56 CCC de 1063 (5,27%) fueron plenamente identificados y en buen estado de salud (examen clínico general). Algunos aspectos inherentes a

los animales de este subgrupo se describen en la tabla 2.

Los equinos con aerofagia se distribuyeron en ambos sexos y en diferentes estados fisiológicos. El comportamiento se presentó en todos los grupos de edades establecidos, entre los que la fase etaria de los 6 a los 10 años agrupó el mayor número de caballos afectados. El acto de la aerofagia se presentó en sus 3 modalidades, con frecuencia aproximada y determinada por encuesta de más de 50 veces al día (92,85%) y menos de 50 veces (7,15%). Así mismo, no se determinó preferencia por algún momento para realizar aerofagia. Con respecto a la cronicidad de la aerofagia, la mayoría (51,72%) de los encuestados estimaron un tiempo mayor a 1 año, el 19,69% menor a 1 año y el 28,59% reconoció no poder estimar dicho periodo. Finalmente, los encuestados identificaron caballos con aerofagia en todos los tipos de temperamento descrito y presencia de comportamiento (lignofagia) y estereotipia (balanceo) asociadas, en 3,58%.

La información asociada con el manejo de los caballos con aerofagia se presenta en la tabla 3. Con relación a la alimentación, el 73,21% recibía heno y el 83,9% recibía pasto de corte, con oferta que varió entre < 10 kg (6,39%), de 10 a 19 kg (10,64%), ≥ 20 kg (38,29%) y *ad libitum* (44,68%). Además, los animales fueron suplementados con concentrado, con variable cantidad (≤ 3 kg [69,63%] y $\geq 3,5$ kg [30,37%]) y variable frecuencia de ofrecimiento.

Todos los caballos con aerofagia procedían de criaderos con sistemas de manejo en estabulación, con diferentes esquemas de horas/semana de ejercicio. Diferentes tamaños, materiales y diseños de pesebreras se evidenciaron en los establos destinados a estos caballos, además de características como puertas de madera (73,21%), hierro (17,85%) y madera-hierro (7,14%), con

TABLA 2. Caracterización de los caballos criollos colombianos identificados con aerofagia

Características	Número de caballos	Distribución porcentual
Aerofagia	56	5,27%
Con apoyo	41	73,2%
Sin apoyo	13	23,2%
Mixto	2	3,6%
Momento en el que se presenta el acto de aerofagia		
Cualquier momento del día	52	92,84%
Antes de comer	1	1,78%
Durante la comida	1	1,78%
Después de comer	2	3,60%
Sexo		
Machos	28	50%
Castrados	15	46,42
Enteros	13	53,58
Hembras	28	50%
Lactantes	2	7,14
Gestantes	10	35,72
No gestantes	16	57,14
Fase etaria		
< 5 años	14	25%
6-10 años	28	50%
11-15 años	12	21,4%
> 16 años	2	3,6%
Tipo de temperamento		
Curioso	25	44,64%
Nervioso	13	23,21%
Tranquilo	9	16,07%
Juguetón	6	10,71%
Asustado	2	3,58%
Agresivo	1	1,78%

Fuente: elaboración propia.

ventilación y luminosidad excelente en el 42,85%, buena en el 30,35% y mala en el 26,78% de las pesebreras. La presencia de esta estereotipia se distribuyó en todos los fines zootécnicos y de andares descritos para estos ejemplares.

El análisis OR de algunas variables se muestra en la tabla 4, en el que las variables relacionadas como factores de riesgo de

aerofagia fueron el tipo de pesebrera (las aisladas presentaron elevada significancia, al existir aproximadamente 3 veces mayor posibilidad de contribuir a la aerofagia) y el tamaño grande de las pesebreras, con respecto al tamaño estándar. Es posible que algunas de las variables que se reportan en la literatura y muestran relación con la aerofagia no fueran significativas en este

TABLA 3. Aspectos asociados al manejo de los caballos criollos colombianos con aerofagia

Aspectos	Número de caballos	Distribución porcentual
Frecuencia de ingesta de concentrado		
2 veces/día	4	7,14%
3 veces/día	35	62,49%
4 veces/día	12	21,42%
5 veces/día	2	3,58%
6 veces/día	3	5,39%
Tipo de pesebrera		
Estándar (4 x 4 m)	42	75%
Grande	3	5,36%
Pequeña	11	19,64%
Material		
Concreto	31	55,36%
Madera	22	39,29%
Guadua	3	5,35%
Diseño		
Interactiva	35	62,5%
Aislada	21	37,5%
Horas ejercicio semana		
0 h	4	7,14%
1-3 h	16	28,57%
3-5 h	25	44,64%
> 5 h	11	19,65%
Fin zootécnico		
Recreación	45	80,35%
Exposición	5	8,93%
Reproducción	2	3,57%
Mixta	4	7,15%
Tipo de andar		
Trote y galope	17	30,35%
Trocha y galope	9	16,07%
Trocha pura	21	37,51%
Paso fino colombiano	9	16,07%

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Análisis de variables para determinar factores de riesgo asociado a aerofagia en caballos criollos colombianos

VARIABLE	OR	IC (95%)	VALOR P*
Sexo			
Macho	1	Ref.	-
Hembra	1,19	(0,69-2,04)	0,6216
Edad			
< 5 años	1	Ref.	-
5-10 años	0,82	(0,42-1,58)	0,6665
10-15 años	0,64	(0,29-1,42)	0,471
> 15 años	1,02	(0,22-4,64)	1
Hora de ejercicio			
0 h/semana	1	Ref.	-
1-3 h/semana	2,08	(0,65-6,6)	0,3676
3-5 h/semana	3,11	(1,02-9,46)	0,0947
> 5 h/semana	1	(0,3-3,37)	1
Frecuencia de alimentación			
2 veces/día	1	Ref.	-
3 veces/día	0,6	(0,21-1,73)	0,4673
4 veces/día	0,41	(0,13-1,3)	0,195
5 veces/día	1,69	(0,3-9,45)	0,847
6 veces/día	0,25	(0,05-1,19)	0,177
Tipo de pesebrera			
Interactiva	1	Ref.	-
Aislada	2,98	(1,71-5,2)	0,0001
Tamaño de pesebrera			
Estándar	1	Ref.	-
Pequeña	1,07	(0,54-2,13)	0,9723
Grande	4,23	(1,3-13,79)	0,0161

*Prueba Chi-cuadrado para determinar significancia de cada OR, $p < 0,05$ es significativo.

Fuente: elaboración propia.

estudio, posiblemente debido al pequeño tamaño muestral.

Finalmente, ninguno de los caballos identificados con el comportamiento de aerofagia tuvo antecedentes de síndrome abdominal agudo o estado de enfermedad aparente, al menos en los últimos 6 meses, según la mayoría de los encuestados. Una

minoría manifestó no conocer el historial clínico de estos caballos.

DISCUSIÓN

El comportamiento de los equinos refleja el grado de bienestar dentro los procesos de adaptación a factores de estrés derivado

de los sistemas de manejo, por tanto, la génesis (asociación causa-efecto) de muchos comportamientos anormales y estereotipias debe ser abordada con el diseño de estudios longitudinales (Wickens y Heleski 2010). Sin embargo, el presente trabajo es transversal, lo que podría originar información controversial o insuficiente sobre la etiología de la aerofagia, pero puede contribuir al conocimiento epidemiológico de la prevalencia y factores de riesgos asociados. Por tanto, no se descartan futuros trabajos experimentales longitudinales y de monitoreo observacional por largos períodos de tiempo para un mayor entendimiento de la aerofagia en el equino.

La prevalencia de la aerofagia (5,27%) encontrada en el CCC fue superior a la mayoría de las reportadas en caballos de otros estudios en Sur América (Chile, Argentina y Brasil), que han oscilado entre 0,0 y 4,99%, en las razas pura sangre inglés (PSI), silla argentina, criollos chilenos, árabes y brasileiro de hipismo; en actividades de enduro, polo, salto, carrera y patrullaje policial (Leal 2007; Pagliosa *et al.* 2008; Jiménez 2011; Tadich *et al.* 2012; Tadich *et al.* 2013; Muñoz *et al.* 2014; D'Almeida *et al.* 2014; Muñoz *et al.* 2015; Muñoz *et al.* 2015a; Muñoz *et al.* 2017). Sin embargo, dicha prevalencia no superó las descritas en estudios de equinos PSI utilizados para salto y brasileiros de hipismo para patrullaje policial, una vez que presentaron prevalencias entre 6,12% y 13,75% respectivamente. Según los autores, las condiciones de manejo deficientes y evidentes en el contexto de estos equinos, sumado al estrés crónico y predisposición racial, contribuyeron a una mayor prevalencia (Vieira 2006; Muñoz *et al.* 2013).

Sin embargo, la prevalencia encontrada en el CCC está dentro las repor-

tadas en otros continentes o latitudes, donde ha oscilado entre 2,4% y 13,3% (Pell y McGreevy 1999; Waters *et al.* 2002; Albright *et al.* 2009; Dezfouli *et al.* 2014); aunque en un reciente estudio observacional de 48 horas continuas se reportó una prevalencia de aerofagia en caballos de patrullaje policial del 39%, lo que indica que, además de las condiciones de manejo particulares, las metodologías de los trabajos podrían influir en las prevalencias reportadas, ya que la mayoría de los estudios se realiza con encuestas u observación directa por cortos períodos de tiempo (Zuluaga *et al.* 2018). A pesar de que, recientemente un estudio empleó 2 períodos de evaluación durante 3 días (Muñoz *et al.* 2018), no se realizaron observaciones continuas y, por tanto, se dejó de evaluar el período comprendido entre las 20:00 y las 7:30.

La aerofagia con fijación fue la más frecuente en los caballos de este estudio, aunque ambas modalidades (con y sin apoyo) independientes y conjugadas fueron presenciadas en esta población. Estas frecuencias fueron similares a las de previos estudios (Wickens y Heleski 2010; Dezfouli *et al.* 2014). Clegg *et al.* (2008) reportaron el número de eventos de aerofagia al día. El momento de mayor número de veces sucedió entre 6 y 8 horas después de la alimentación, infiriendo que la aerofagia obedecía más a un malestar visceral por acidosis fermentativa que a un simple dolor gástrico. Sin embargo, los resultados de esta investigación contrastan con los descritos una vez que la mayoría de caballos realizaban la aerofagia en cualquier momento del día o la noche, y una minoría en los períodos peringesta. Por tanto, fue insuficiente considerar la participación de este factor como inductor de este comportamiento.

La presentación conjunta de la aerofagia y de otras estereotipias y comportamientos anormales fue evidenciada en algunos animales, aunque en baja proporción, lo que contrastó con la ausencia de reportes en estudios previos (Mills *et al.* 2002; Ninomiya *et al.* 2007; Muñoz *et al.* 2018). La baja presencia de lignofagia posiblemente se debió al suministro abundante de fibra a través del forraje a voluntad y por la minoría de pesebreras construidas en madera. En el caso del balanceo, la mínima presencia posiblemente obedeció al diseño interactivo de la mayoría de las pesebreras que permitía el contacto físico y visual, este fue considerado como una estrategia para disminuir los índices de esta estereotipia (Muñoz *et al.* 2018).

El CCC es reconocido mundialmente por su temperamento nervioso y brío elevado, es utilizado en diferentes actividades por sus habilidades deportivas y, en un gran porcentaje, es manejado en estabulación. Además, es sometido a entrenamientos particulares, como adoptar posiciones en su cuello (hiperflexión dorso-ventral) en búsqueda de vistosidad y elegancia en el trabajo que realizan —esta conducta es asociada con un incremento de cortisol, relacionado con el estrés (McGreevy *et al.* 2010; Christensen *et al.* 2014; Smiet *et al.* 2014)—. Por tanto, el CCC es sometido a factores estresantes que podrían contribuir a la prevalencia elevada de aerofagia encontrada en este trabajo, teniendo en cuenta que se ha considerado esta estereotipia como una manera de disminuir y adaptarse a condiciones estresantes (McGreevy y Nicol 1998; McBride y Hemmings 2005; Wickens y Heleski 2010).

Los caballos con aerofagia se distribuyeron en los 6 tipos de temperamento evaluados; por tanto, no se encontró asociación entre estas variables y el comportamiento.

Tampoco se encontraron trabajos con el objetivo de analizar dicha relación, salvo aquellos que han tenido en cuenta la edad, sexo, raza y estado fisiológico como factores intrínsecos que podrían influir en la génesis de esta estereotipia (Mills *et al.* 2002; Tadich *et al.* 2013; Navarrete *et al.* 2015; Muñoz *et al.* 2018). A pesar de que se observó un mayor número de individuos con temperamentos curioso y nervioso, es posible decir que esto se debió al efecto del predominio de ambos tipos de temperamento en la población, por la naturaleza del CCC, por las edades y por la función zootécnica.

Con respecto a la aerofagia, por ser de naturaleza multifactorial, se ha descrito la asociación de factores tanto intrínsecos como extrínsecos relacionados con ella, aunque muchos resultados han sido inconclusos. Con relación a la edad y el sexo no se encontró asociación entre estas y la presencia de aerofagia y se presentó en todas las condiciones fisiológicas de ambos sexos y grupos de edades. Aunque se evidenció un mayor número de individuos con la estereotipia en el grupo de edades entre los 6 y los 10 años, esto puede deberse a que la mayoría de la población seleccionada perteneció a este intervalo de edad. Estos resultados concuerdan con estudios previos (Muñoz *et al.* 2014; Muñoz *et al.* 2015; Muñoz 2015a) y parcialmente con otros, que describen una elevada frecuencia en machos enteros y castrados, y en yeguas según la actividad, así como también en animales jóvenes y menores a 7 años (Mills *et al.* 2002; Waters *et al.* 2002; Ninomiya *et al.* 2007; Tadich *et al.* 2012; Tadich *et al.* 2013; Dezfoli *et al.* 2014).

Por consiguiente, los factores de riesgo relacionados con la edad y el género se han considerado controversiales; no obstante, se espera una mayor aparición en jóvenes menores de 5 años, por estar sometidos

a frecuentes actividades de estrés y en los caballos geriátricos por efecto acumulativo de factores inductores (Christie *et al.* 2006). De forma similar, algunos estudios previos han demostrado mayor predisposición en yeguas, mientras que en otros en caballos castrados (Muñoz *et al.* 2013; Tadich *et al.* 2013). En este contexto, los resultados de este estudio no mostraron ninguna inclinación hacia ninguna fase etaria o género, aunque el grupo de edades entre los 6 y 10 años mostró el mayor número de caballos con aerofagia, lo que coincidiendo con un estudio recientemente publicado (Muñoz *et al.* 2018).

La aerofagia se puede adquirir desde muy temprano en la vida del potro y se deriva de episodios antiguos de pobre bienestar (Parker *et al.* 2008; Wickens y Heleski 2010), estos 2 factores son difíciles de evaluar en estudios transversales; sin embargo, lo anterior podría explicar en parte la presencia de este comportamiento en todos los grupos de edades. A pesar de la ausencia de información del tipo de destete aplicado a cada caballo, rutinariamente el potro CCC se aísla de la madre entre los 6 y 8 meses de edad y, por lo general, inicia un manejo grupal suelto a pasto, lo que podría influir en tasas menores de aerofagia, a diferencia de otras razas sometidas a destete precoz y forzado, y con manejo en estabulación individual (Redbo *et al.* 1998; Visser *et al.* 2008). No obstante, este trabajo no hizo énfasis en potros recién destetados y no se evidenció asociación ni con el grupo de edad ni con el tiempo que llevaban realizando este comportamiento.

Con relación a la alimentación basada en concentrado, esta ha mostrado una fuerte asociación con la presencia de estereotipias orales, sucediendo lo contrario con el suministro de forraje (Redbo *et al.*

1998). Sin embargo, en cerca del 85% de los caballos de este estudio, su alimentación dependía principalmente de fuentes de gramíneas suministrados a voluntad. Además, el concentrado en su mayoría no superaba los 3 kg al día, fraccionados en 3 raciones. Al parecer, esta práctica de manejo no reflejó impacto positivo en la disminución del comportamiento en cuestión. Aunque el suministro de suplemento mineral no fue constante entre los propietarios, a este se le debería dar una mayor relevancia, debido a que la baja concentración sérica de microminerales como el selenio refuerza la teoría del estrés oxidativo dentro de la fisiopatología de la aerofagia (Omidi *et al.* 2017; Omidi *et al.* 2018).

La estabulación como factor de riesgo de alteraciones comportamentales ha sido extensamente documentada (Wickens y Heleski 2010). En las investigaciones relacionadas, se consideran de relevancia los aspectos del diseño, tamaño y material de la pesebrera. No obstante, caballos con aerofagia se encontraron en todas las pesebreras con los diferentes aspectos anteriormente mencionados, aun cuando se presentó mayor predominio de caballos en pesebreras de 4 x 4 m y de diseño interactivo, posiblemente debido a que actualmente son las características más frecuentemente tenidas en cuenta por los propietarios. Por tanto, no se pudo inferir que el contacto visual, físico e interacción social influyeran positiva o negativamente en la presentación de la aerofagia, conforme con lo que se ha reportado (Muñoz *et al.* 2018). Sin embargo, las pesebreras aisladas mostraron hasta 3 veces más posibilidades de padecer aerofagia (OR: 2,98 / $p = 0,0001$). Por otro lado, aunque las pesebreras grandes representaron un factor de riesgo (OR: 4,23 / $p = 0,0161$), se consideró tener cuidado con esta variable,

por el bajo número de caballos que eran estabulados en estas condiciones.

Más que el tipo de estabulación como tal, el tiempo que permanecen estabulados los equinos influye directamente en la presencia de alteraciones comportamentales. En este contexto, la mayoría de los caballos con aerofagia procedían de sistemas de manejo con 18 h promedio de encierro y de 3 a 5 h de ejercicio a la semana, aunque también se registraron animales que tenían menos tiempo de estabulación y más horas de ejercicio a la semana e, inclusive, animales sin horas de ejercitación; por tanto, la aerofagia se presentó en todos los esquemas de manejo de los CCC. No obstante, estudios realizados con animales sometidos a un mayor número de horas de estabulación han reportado menores prevalencias (Wickens y Heleski 2010; Roberts *et al.* 2017; Muñoz *et al.* 2018), lo que reafirma la naturaleza multifactorial de esta estereotipia.

La mayoría de prevalencias de aerofagia en el mundo han sido reportadas en caballos de deporte (carrera, salto, enduro, polo) y de patrullaje policial. En el presente estudio, se encontraron caballos con aerofagia en los grupos de todos los fines zootécnicos y modalidades de andares, a pesar de que la mayoría de estos se encontró en el grupo de los individuos utilizados para recreación, trote-galope y trocha pura, por efecto de ser mayoría en la población. Sin embargo, el CCC es considerado un atleta de alto rendimiento y sometido a jornadas extenuantes de entrenamiento y a diferentes grados de hiperflexión dorsoventral del cuello, que se convierten en factores de estrés crónico (McGreevy *et al.* 2010; Christensen *et al.* 2014; Smiet *et al.* 2014), validado por el nivel de hipercortisolemia reportado en un previo estudio (Zuluaga y Martínez 2017).

Finalmente, no se reportaron episodios de síndrome de abdomen agudo en los caballos con aerofagia de este estudio —al menos en los últimos 6 meses—, lo que contrasta con las elevadas prevalencias reportadas por estudios previos con 12 meses de seguimiento (Malamed *et al.* 2010; Scantlebury *et al.* 2011; Escalona *et al.* 2014). Estos últimos afirman las evidencias del impacto negativo sobre el tracto gastrointestinal de caballos portadores de esta estereotipia (Hillyer *et al.* 2002; Archer y Proudman 2006; Bell *et al.* 2007; Moeller *et al.* 2008; Wickens *et al.* 2013). Como explicaciones posibles a la diferencia de resultados se pueden citar el efecto de un patrón estacional en la dinámica del cólico (Archer *et al.* 2006a), el tipo de alimentación y los protocolos de estabulación (Roberts *et al.* 2017), dentro de las particularidades de las condiciones medioambientales de los trabajos realizados con el objetivo de demostrar la asociación entre la aerofagia y el cólico.

CONCLUSIONES

El CCC presenta una relevante prevalencia de aerofagia, que posiblemente obedece tanto a factores inherentes al animal como a externos relacionados con el manejo, pese a significativos avances en el mejoramiento y en la elaboración de una conciencia por el bienestar en los sistemas modernos de explotación. Sin embargo, se requiere el diseño de estudios longitudinales sobre prácticas de manejo y de líneas dentro la raza para cuantificar y validar la información relacionada con la posible predisposición genética o racial a la aerofagia y a otras estereotipias y comportamientos anormales que anecdotíicamente se describe en estos ejemplares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con recursos del Codi de la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Antioquia, Centro de investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias (Ciag) y Recursos de sostenibilidad del Grupo Centauro.

REFERENCIAS

- Albright JD, Mohammed HO, Heleski CR, Wickeins CL, Houpka KA. 2009. Crib-biting in US horses: breed predispositions and owner perceptions of aetiology. *Equine Vet J.* 41:455-458.
- Archer DC, Pinchbeck GL, Proudman CJ, Clough HE. 2006a. Is equine colic seasonal? Novel application of a model-based approach. *BMC Vet Res.* 2: 27-27.
- Archer DC, Proudman CJ. 2006. Epidemiological clues to preventing colic. *Vet J.* 172:29-39.
- Bell RJW, Kingston JK, Mogg TD, Perkins NR. 2007. The prevalence of gastric ulceration in racehorses in New Zealand. *New Zeal Vet J.* 55(1):13-8.
- Christensen JW, Beekmans M, Van Dalum M, Van Dierendonck M. 2014. Effects of hyperflexion on acute stress responses in ridden dressage horses. *Physiol Behav.* 128:39-45.
- Christie JL, Hewson CJ, Riley CB, McNiven MA, Dohoo IR, Bate LA. 2006. Management factors affecting stereotypies and body condition score in nonracing horses in Prince Edwards Island. *Canadian Vet J.* 47:136-143.
- Clegg HA, Buckley P, Friend MA, McGreevy PD. 2008. The ethological and physiological characteristics of cribbing and weaving horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109:68-76.
- Cooper J, McDonald L, Mills D. 2000. The effect of increasing visual horizons on stereotypic weaving: implications for the social housing of stabled horses. *Appl Anim Behav Sci.* 69(1):67-83.
- Dezfouli MM, Tavanacimanesh T, Naghadeh BD, Bokaei S, Corley K. 2014. Factors associated with stereotypic behavior in Iranian stabled horses. *Comp Clin Pathol.* 23:1651-1657.
- D'Almeida LG, Cassou F, Michelotto PV, Alves GES, Bringel B, Ribeiro RM, Lago LA, Faleiros RR. 2014. Bem-estar em equinos de policiamento em Curitiba/PR: Indicadores clínicos, etiológicos e ritmo circadiano do cortisol. *Cienc Rural.* 44:1272-1276.
- Dixon P, Dacre I. 2005. A review of equine dental disorders. *Vet J.* 169(2):165-187.
- Escalona E, Okell C, Archer D. 2014. Prevalence of and risk factors for colic in horses that display crib-biting behavior. *BMC Vet Res.* 10(1 Suppl):1-8.
- Grenager NS, Divers TJ, Mohammed HO, Jhonson AL, Albright J, Reuss SM. 2010. Epidemiological features and association with crib-biting in horse with neurological disease associated with temporohyoid osteoarthritis (1991-2008). *Equine Vet Educ.* 22:467-472.
- Hemmann K, Raekallio M, Vainio O, Juga J. 2014. Crib-biting and its heritability in Finnhorses. *Appl Anim Behav Sci.* 156:37-43.
- Hemmings A, McBride S, Hale C. 2007. Perseverative responding and the aetiology of equine oral stereotypy. *Appl Anim Behav Sci.* 104:143-150.
- Hillyer MH, Taylor FG, Proudman C, Edwards GB, Smith JE, French NP. 2002. Case control study to identify risk factors for simple colonic obstruction and distension colic in horses. *Equine Vet J.* 34:455-463.
- Hothersall B, Nicol C. 2013. Effects of diet on behavior – normal and abnormal. En: Geor RJ, Harris PA, Coenen M. (eds.). *Equine applied and clinical nutrition: health, welfare and performance.* Edinburgh, UK: Saunders Elsevier. Pp. 443-454.
- Houpka K, McDonnell S. 1993. Equine stereotypies. *Compend. Contin. Edu.* 15:1265-1271.
- Ijichi CL, Collins LM, Elwood RW. 2013. Evidence for the role of personality in stereotypy predisposition. *Anim Behav.* 85:1145-1151.
- Jiménez ON. 2011. Prevalencia de estereotipias en equinos deportivos en Buenos Aires. [Tesis de especialización]. [Buenos Aires, Argentina] Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires-UBA.
- Leal BB. 2007. Avaliação do bem-estar dos equinos de cavalaria da Polícia Militar de Minas Gerais: Indicadores etiológicos, endocrinológicos e incidência de cólica. [Dissertação mestrado]. [Belo horizonte, Brasil] Escola de Veterinária da UFMG.

- Lebelt D, Zanella A, Unshelm J. 1998. Physiological correlates associated with cribbing behavior in horses: changes in thermal threshold, heart rate, plasma B endorphin and serotonin. *Equine Vet J.* 27 Suppl:21-27.
- Le Scolan N, Hausberger M, Wolff A. 1997. Stability over situations in temperamental traits of horses as revealed by experimental and scoring approaches. *Behav Process.* 41(3):257-266.
- Malamed R, Berger J, Bain MJ, Kass P, Spier SJ. 2010. Retrospective evaluation of crib-biting and windsucking behaviours and owner-perceived behavioural traits as risk factors for colic in horses. *Equine Vet J.* 42(8 Suppl):686-692.
- McBride SD, Hemmings A. 2005. Altered mesoacumbens and nigrostriatal dopamine physiology is associated with stereotypy development in a non-rodent species. *Behav Brain Res.* 159:113-118.
- McBride, S.D., Hemmings A. 2009. A neurologic perspective of equine stereotypy. *J Equine Vet Sci.* 29(1 Suppl):10-16.
- McGreevy P, Harman A, McLean A, Hawson L. 2010. Over-flexing the horse's neck: A modern equestrian obsession? *J Vet Behav* 5:180-186.
- McGreevy P, Nicol C. 1998. Physiological and behavioral consequences associated with short-term prevention of crib-biting in horses. *Physiol Behav.* 65:15-23.
- McGreevy PD, Webster AJF, Nicol CJ. 2001. A study of the behaviour, digestive efficiency and gut transit times of crib-biting horses. *Vet Rec.* 148:592-596.
- McGreevy, P. 2012. Equine behavior. A guide for veterinarians and equine scientists. 2.^a ed. Philadelphia, USA: Saunders. 369 p.
- Mills DS, Alston RD, Rogers V, Longford NT. 2002. Factors associated with the prevalence of stereotypic behavior amongst Thoroughbred horses passing through auctioneer sales. *Appl Anim Behav Sci.* 78:115-124.
- Mills D, Riezebos M. 2005. The role of the image of a conspecific in the regulation of stereotypic head movements in the horse. *Appl Anim Behav Sci.* 91(2):155-165.
- Mills D, Taylor K, Cooper J. 2005. Weaving, head-shaking, cribbing and other stereotypies. En: Annual convention of the American association of equine practitioners, 51, 2005. Seattle. Lexington: American association of equine practitioners. Pp. 1-11.
- Moeller B, McCall C, Silverman S, Wendell H. 2008. Estimation of Saliva Production in Crib-Biting and Normal Horses. *J Equine Vet Scien.* 28(2 Suppl):85-90.
- Momozawa Y, Ono T, Sato F, Kikusui T, Takeuchi Y, Mori Y, Kusunose R. 2003. Assessment of equine temperament by a questionnaire survey to caretakers and evaluation of its reliability by simultaneous behaviour test. *Appl Anim Behav Sci.* 84(2):127-138.
- Muñoz L, Ainardi F, Rehhof C, Cruces J, Ortiz R, Biones M. 2014. Prevalence of stereotypies in thoroughbred race horses at Club Hípico Concepción, Chile. *Rev MVZ Córdoba.* 19:4259-4268.
- Muñoz L, Cruces J, Briones M. 2017. Prevalencia de estereotipias clásicas en caballos fina sangre de carrera del Hipódromo Chile, Chile. *Rev Med Vet.* 33:51-57.
- Muñoz L, MP Medina, J Cruces, M Briones. 2015. Frecuencia de estereotipias clásicas en caballos de enduro. *Sci Agropecu.* 6:119-124.
- Muñoz L, Ortiz R, Cruces J, Briones M. 2015a. Prevalencia de estereotipias clásicas en caballos chilenos de las comunas de Pinto y Coihueco, Biobío, Chile. *Chilean J Agric Anim Sci.* 31(Suppl 3):70-75.
- Muñoz L, Sepúlveda C, Cruces J, Ortiz R, Rehhof C, Briones M. 2013. Prevalencia de estereotipias clásicas en caballos de salto de la región del Biobío, Chile. *Chilean J Agric Anim Sci.* 29:169-175.
- Muñoz L, Torres V, Briones. 2018. Prevalence of Crib-Biting and Weaving in Stabled Horses Tie Stalls. *Rev Med Vet.* 37:65-72.
- Navarrete D, Hamilton C, Stephens N, Weberg C, Tadich T. 2015. Factores de riesgo para la presentación de conductas no deseadas en equinos de deporte en Chile. *Arch Med Vet.* 47:77-84.
- Ninomiya S, Sato S, Sugawara K. 2007. Weaving in stabled horses and its relationship to other behavioural traits. *Appl Anim Behav Sci.* 106:134-143.
- Omidi A, Jafari R, Nazifi S, Parker M. 2018. Potential role for selenium in the pathophysiology of crib-biting behavior in horses. *J Vet Behav.* 23:10-14.
- Omidi A, Vakili S, Nazifi S, Parker M. 2017. Acute-phase proteins, oxidative stress, and antioxidant defense in crib-biting horses. *J Vet Behav.* 20:31-36.

- Pagliosa G, Alves G, Faleiros R, Leal B, Ening M. 2008. Estudo epidemiológico de estereotipias em equinos de cavalaria militar. *Arch Vet Sci.* 13:104-109.
- Parker M, Goodwin D, Redhead E. 2008. Survey of breeder's management of horses in Europe, North America and Australia: comparison of actors associated with the development of abnormal behavior. *Appl Anim Behav Sci.* 114:206-215.
- Pell SM, McGreevy PD. 1999. A study of cortisol and beta-endorphin levels in stereotypic and normal Thoroughbreds. *Appl Anim Behav Sci.* 64:81-90.
- Redbo I, Redbo-Torstensson P, Ödberg F, Hedendahl A, Holm J. 1998. Factors affecting behavioural disturbances in race-horses. *Anim Sci.* 66:475-481.
- Roberts K, Hemmings A, McBride S, Parker M. 2017. Causal factors of oral versus locomotor stereotypy in the horse. *J Vet Behav.* 20:37-43.
- Saito Y, Amaya T. 2019. Symptoms and management of temporohyoid osteoarthropathy and its association with crib-biting behavior in 11 Japanese Thoroughbreds. *J. Equine Sci.* 30:81-85.
- Scantlebury CE, Archer DC, Proudman CJ, Pinchbeck GL. 2011. Recurrent colic in the horse: Incidence and risk factors for recurrence in the general practice population. *Equine Vet J.* 39:81-88.
- Smiet E, Van Dierendonck M, Sleutjens J, Menheere P, Van Breda E, Boer D, Back W, Wijnberg I, Van der Kolk J. 2014. Effect of different head and neck positions on behaviour, heart rate variability, and cortisol levels in lunged Royal Dutch Sport horses. *Vet J.* 202:26-32.
- Soave O, Brand C. 1991. Coprophagy in animals: a review. *Cornell Vet.* 81 (4):357-365.
- Tadich T, C Weber, C Nicol. 2013. Prevalence and factors associated with abnormal behaviors in Chilean racehorses: A direct observational study. *J Equine Vet Scien.* 33:95-100.
- Tadich T, JP Smulders, O Araya, CJ Nicol. 2012. Husbandry practices associated with the presentation of abnormal behaviours in Chilean creole horses. *Arch Med Vet.* 44:279-284.
- Vieira ARA. 2006. Prevalência e desgaste anormal dos dentes incisivos e incidência de cólica em eqüinos estabulados apresentando distúrbios de comportamento: Análise de um total de 407 equinos. [Dissertação Mestrado] [Viçosa, Brasil] Escola de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa.
- Visser E, Ellis A, Van Reenen C. 2008. The effect of two different housing conditions on the welfare of Young horses stabled for the first time. *Appl Anim Behav Sci.* 114:521-533.
- Waters AJ, Nicol CJ, French NP. 2002. Factors influencing the development of stereotypic and redirected behaviours in young horses: findings of a four-year prospective epidemiological study. *Equine Vet J.* 34:572-579.
- Wickens C, Heleski C. 2010. Crib-biting behavior in horses: A review. *Appl Anim Behav Sci.* 128:1-9.
- Wickens C, McCall C, Bursian S, Hanson R, Heleski C, Liesman J, McElhenney W, Trottier N. 2013. Assessment of gastric ulceration and gastrin response in horses with history of crib-biting. *J Equine Vet Sci.* 33:739-745.
- Zuluaga A, Martínez JR. 2017. Serum cortisol concentration in the Colombian creole horse. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 30:231-238.
- Zuluaga A, Mira A, Sánchez JL, Martínez JR. 2018. Frequency of abnormal and stereotypic behaviors in urban police patrolling horses: A continuous 48-hour study. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 31(2 Suppl):17-25.

Forma de citación del artículo

Patiño Marulanda JJ, Vélez Gil SA, Martínez Aranzales JR. 2021. Prevalencia y factores de riesgo del comportamiento anormal estereotipado aerofagia en el caballo criollo colombiano. *Rev Med Vet Zoot.* 68(1): 37-51. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97250>

Grado de desarrollo del folículo preovulatorio y su relación con el tamaño del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en las razas Romosinuano (RS) y Brahman (Br)

A. Vejarano¹, A. Hernández²*

Artículo recibido: 6 de abril de 2020 - Aprobado: 23 de noviembre de 2020

RESUMEN

Para comparar en los folículos preovulatorios de hembras bovinas de las razas Brahman (Br) y Romosinuano (RS) el desarrollo de los diferentes componentes foliculares, como el tamaño del antró folicular, el grosor y el volumen ocupado por la capa de células de la granulosa (CG) y de la teca interna (TI), y su posible relación con el desarrollo del cuerpo lúteo (CL) y la producción de progesterona P_4 , se utilizaron 5 hembras de la raza RS y 5 de la raza Br. A estas se les realizó seguimiento ecográfico durante 2 ciclos estrales y se les efectuó muestreo de suero sanguíneo para determinar por Elisa los niveles de P_4 . En el tercer estro se les extirpó el ovario que contenía el folículo preovulatorio y se realizó un corte diametral sobre el estigma del folículo para seccionarlo en 2 partes iguales. En una de las partes se hicieron cortes histológicos y se determinó la morfometría folicular. La duración del ciclo estral en las hembras de la raza Br osciló entre 18 y 21 días, con promedio de $19,9 \pm 1,6$ días, y en las vacas RS entre 18 y 24 días, con un promedio $21,2 \pm 1,69$ días. La duración del estro fue de $13,9 \pm 6,98$ y $9,60 \pm 4,72$ h para las razas RS y Br, respectivamente. El intervalo estro-ovulación fue de $21,20 \pm 5,07$ h para los animales de la raza Br y de $24,40 \pm 6,43$ para los RS. No se registraron diferencias entre razas ni en el grosor (RS: $55,12 \pm 6,46$ μm vs. Br: $49,48 \pm 17,07$ μm), $p > 0,05$, tampoco en el volumen ocupado por la capa de CG (RS: $27,93 \pm 6,11$ mm^3 vs. Br: $25,40 \pm 13,85$ mm^3) de los folículos preovulatorios $p < 0,05$, en el grosor (RS: $122,50 \pm 20,53$ μm vs. Br: $129,61 \pm 84,85$ μm) o en el volumen (RS: $64,97 \pm 19,71$ mm^3 vs. Br: $59,83 \pm 25,67$ mm^3) de las células de la TI. El máximo desarrollo de los CL para la totalidad de las hembras se alcanzó el día $12,6 \pm 4,05$ (día 0 = estro), con un diámetro promedio de $22,92 \pm 3,60$ mm. Para las de la raza RS el diámetro máximo fue $23,06 \pm 3,9$ mm y se observó en promedio el día $14,88 \pm 3,4$. Para las de la raza Br fue el día $10,00 \pm 3,16$ con un promedio de $22,75 \pm 3,16$ mm. En ese día, la concentración media de P_4 fue de $5,37 \pm 1,38$ ng/ml para la raza RS y $5,74 \pm 0,89$ ng/ml para la raza Br. No se presentaron diferencias significativas entre razas ($p > 0,05$). Se concluyó que no existen diferencias en los eventos fisiológicos estudiados entre las razas RS y Br. Los hallazgos del presente estudio, sin duda, pueden servir de base para futuros análisis en los bovinos residentes en el trópico.

Palabras clave: bovinos, reproducción, granulosa, teca interna.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Barrio Santa Elena, Ibagué, Colombia. *avejaran@ut.edu.co

² Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Degree of development of the preovulatory follicle and its relationship with corpus luteum size and progesterone production in the Romosinuano (RS) and Brahman (Br) breeds

ABSTRACT

To compare in the preovulatory follicles of bovine females of the Brahman (Br) and Romosinuano (RS) breeds the development of the different follicular components, such as the size of the follicular antrum, the thickness and volume occupied by the granulosa (CG) and theca interna cells (TI) layers and their possible relationships with the development of the corpus luteum (CL) and progesterone (P_4) production, 5 RS and 5 Br females were used; ultrasound follow-up was performed during 2 estrous cycles and blood serum sampling was carried out to determine progesterone (P_4) levels by Elisa, at the third estrus, the ovary containing the preovulatory follicle was removed, and a diametral cut was made on the stigma of the follicle to divide it into 2 equal parts. Histological sections were made of one of the parts and follicular morphometry was determined. Duration of the estrous cycle in Br females ranged between 18 and 21 days, with an average of $19,9 \pm 1,6$ days and between 18 and 24 with an average of $21,2 \pm 1,69$ days for RS cows. Estrus duration was $13,9 \pm 6,98$ and $9,60 \pm 4,72$ h for RS and Br breeds, respectively. The estrus-ovulation interval was $21,20 \pm 5,07$ h for the Br breed animals and $24,40 \pm 6,43$ RS. There were no differences between breeds or in thickness (RS: $55,12 \pm 6,46$ μm vs. Br: $49,48 \pm 17,07$ μm) $p > 0,05$, nor in the volume occupied by the granulosa cells layer (RS: $27,93 \pm 6,11$ mm^3 vs. Br: $25,40 \pm 13,85$ mm^3) of pre-ovulatory follicles; neither in the thickness (RS: $122,50 \pm 20,53$ μm vs. Br: $129,61 \pm 84,85$ μm) nor in the volume (RS: $64,97 \pm 19,71$ mm^3 vs. Br: $59,83 \pm 25,67$ mm^3) of the internal theca cells; $p < 0,05$. The maximum CL development for all the females was observed on day $12,6 \pm 4,05$ (day 0 = estrus), with an average diameter of $22,92 \pm 3,60$ mm. For those of the RS breed the maximum diameter was observed on average on day $14,88 \pm 3,4$, with $23,06 \pm 3,9$ mm, while for those of the Br breed it was day $10,00 \pm 3,16$ with an average diameter of $22,75 \pm 3,16$ mm; at this time the mean progesterone concentration was $5,37 \pm 1,38$ ng/ml for the RS breed and $5,74 \pm 0,89$ ng/ml for the Br breed. There were no significant differences between breeds (p -value: 0,5561). It was concluded that there are no differences in the physiological events studied between the studied breeds. Present results, undoubtedly, might serve as basis to future studies in bovines in tropical zones.

Keywords: cattle, reproduction, granulosa, theca interna.

INTRODUCCIÓN

El cuerpo lúteo (CL) del bovino es la glándula transitoria productora de P_4 (Shrestha *et al.* 2019), encargada del mantenimiento de la gestación (Senger 2012), cuya vida útil no solo está controlada por la hormona luteinizante (LH), que

actúa como una hormona luteotrófica, sino también por la prostaglandina F 2 alfa ($\text{PGF}_2\alpha$) que termina la función y la presencia de CL (Meidan *et al.* 2017).

Existe controversia en torno a si un CL de conformación grande estaría asociado o no con concentraciones elevadas de P_4

plasmáticas, ya que algunos investigadores así lo han establecido, al menos en los primeros días de gestación (Mann 2009), y se ha asociado la intensidad de la expresión del estro con el tamaño folicular, el volumen del CL y las concentraciones plasmáticas de progesterona (Oosthuizen *et al.* 2020; Rodrigues *et al.* 2018).

Se encontró que la relación entre el peso del CL y la concentración de progesterona en el plasma dependería de la condición en el balance energético del animal (Yung *et al.* 1996) o de su condición fisiológica, pues se hallaron relaciones directas en novillas y vacas lactantes, pero no en vacas no lactantes en un mismo estudio (Sartori *et al.* 2002). También se reportó una fuerte relación entre el peso del CL y los niveles plasmáticos de P_4 en el día 5 de la fase lútea (Green *et al.* 2005). Sin embargo, en otros estudios se estableció que esta relación se pierde en el día 8 (Robinson *et al.* 2005).

El incremento en el número de células de la granulosa (CG) del folículo preovulatorio podría resultar en un mayor número de células luteales grandes, con un subsecuente incremento en el tamaño del CL e incremento en la secreción de P_4 (Sartori *et al.* 2002), puesto que el nuevo CL se desarrolla a partir de las células foliculares restantes después de la expulsión del ovocito (Shrestha *et al.* 2019).

Las CG son células somáticas y se consideran el tipo de células ováricas más importantes que rodean, apoyan y nutren al ovocito en desarrollo y proporcionan un microambiente adecuado para su maduración (Edson *et al.* 2009); se han resaltado diversos pasos transcripcionales que las CG deben completar antes de la ovulación y se han identificado transcriptos asociados con el estado de competencia del ovocito (Gilbert 2011); cualquier alteración

de la calidad de las CG y su capacidad de proliferación también puede tener efectos sobre el desarrollo del folículo y puede interrumpir la maduración de los ovocitos y, en consecuencia, dar lugar a un desarrollo embrionario deteriorado con resultados insatisfactorios, revisado por Khan *et al.* 2020.

En consecuencia, una mayor comprensión de los eventos fisiológicos que suceden en cada uno de los compartimientos foliculares en las diferentes etapas de foliculogénesis permitirá una mejora no solo en la intervención de esos procesos con fines productivos, sino que facilitará avances en los resultados de los procedimientos biotecnológicos aplicados a la reproducción de los animales domésticos de interés zootécnico, particularmente en bovinos de las razas RS (raza criolla colombiana en peligro de extinción) y Br (raza de gran participación en la ganadería colombiana), en las cuales a la fecha no se han estudiado.

La realización de investigaciones que contribuyan al conocimiento de la fisiología de los animales en el trópico es importante, ya que si bien existe abundante información referente a los procesos fisiológicos acontecidos durante el ciclo estral de la hembra bovina (Galina y Arthur 1990) y a numerosos factores que se relacionan con el desarrollo folicular, esta ha sido generada en países con condiciones medioambientales diferentes o con animales de otra composición racial. Muchos estudios *in vitro* sobre el crecimiento folicular se han enfocado en la replicación de las CG, mientras que los estudios *in vivo*, mediante el uso de ultrasonografía, se han centrado en la expansión del antró folicular y su fluido (Rodgers e Irving-Rodgers 2010). Sin embargo, en la literatura consultada no se encontraron

reportes en los cuales se estudie en las razas RS y Br el efecto del tamaño de los componentes foliculares sobre el desarrollo y función esteroidogénica del CL en vacas mantenidas bajo condiciones propias del bosque seco tropical.

Con este trabajo se buscó comparar en folículos preovulatorios de hembras bovinas de las razas Br y RS el desarrollo de diferentes componentes foliculares, tamaño del antró folicular, el grosor y el volumen ocupado por la capa de células de la granulosa y de la teca interna, y su posible relación con el desarrollo máximo del CL y la producción de P_4 .

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo contó con la aprobación del comité de bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia y se desarrolló en el Centro Universitario Regional del Norte (CURDN) de la Universidad del Tolima, en condiciones de temperatura media de 28,2°C, precipitación anual promedio de 1,791 mm, humedad relativa: 71% y altitud entre 275-550 m s. n. m. y está clasificado como bosque seco tropical.

Se utilizaron 5 hembras de la raza RS y 5 de la raza Br con edad entre 3 y 5 años, que habían registrado por lo menos un parto como indicador de su fertilidad, clínicamente sanas y cíclicas, las cuales permanecieron en potreros establecidos en pasto Ángleton (*Dichanthium aristatum*) y contaron con sal mineralizada y agua a voluntad.

Para verificar su normal ciclicidad ovárica, a las 10 hembras se les realizó seguimiento ecográfico durante 2 ciclos estrales, mediante el uso de un equipo Aquila Pro, con sonda microconvex con

frecuencia de 7,5 MHz y guía de aspiración folicular de Pie Medical® (<http://www.piemedicalimaging.com/>). Se practicó la técnica de registro de información descrita por Pierson y Ginther (1988). Las imágenes se grabaron en una computadora portátil con la ayuda de una tarjeta capturadora de video Pinnacle Studio MovieBox Ultimate 12®, para posteriores análisis. Se elaboraron los correspondientes mapas ováricos para establecer el momento de la identificación del cuerpo lúteo como evidencia de ovulación, en el lugar donde se encontraba el folículo ovulatorio.

Para establecer las concentraciones séricas de P_4 durante los 2 ciclos estrales, se realizó colecta de muestras sanguíneas por venopunción de la vena caudal media con tubos estériles al vacío. El suero sanguíneo se obtuvo por centrifugación a 1500 rpm durante 10 minutos y los sueros obtenidos se congelaron a -20°C hasta su análisis. La técnica utilizada fue la de Elisa, se manejó kit comercial DS-EIA-Steroid-Progesterone, que emplea calibradores para una curva referencial, con concentraciones de 0, 1,5, 10, 25, 50 y 100 nm/l (0, 0,47, 3,14, 7,85, 15,7 y 31,4 ng/ml), procedimiento previamente estandarizado en el laboratorio de hormonas de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Se siguió el protocolo descrito por el fabricante. El coeficiente de variación intraensayo fue de 3,6 y el de interensayo de 4,2.

Para facilitar la detección de estros, los animales fueron identificados mediante numeración con pintura en los flancos y se realizó por observación directa en los potreros que habitualmente pastoreaban, entre las 05:30 y las 06:00 h, entre las 09:30 y las 10:00, entre las 13:30 y las 14:00, entre las 17:30 y las 18:00 y entre las 21:30 y las 22:00, con la ayuda de un

macho presente en el hato, con desviación lateral del prepucio.

A partir de la observación de la finalización de los signos de estro de cada uno de los celos, momento determinado por la desaparición del reflejo de inmovilidad al intento de monta, se realizó ecografía con el mismo equipo y transductor transrectal con frecuencia de 8,0 MHz cada 4 h hasta que se presentara la ovulación (ausencia del folículo preovulatorio), con el propósito de precisar el promedio del lapso transcurrido entre el inicio de los signos de celo y la ovulación en cada una de las hembras objeto de estudio. El tiempo de ovulación se definió como el tiempo de desaparición del folículo, menos 2 h (Walker *et al.* 1996).

Durante el tercer estro, cuando por ultrasonografía se estableció la presencia de un folículo preovulatorio, a las hembras se les extirpó el ovario que contenía

dicho folículo, mediante abordaje lateral derecho. Se practicó la técnica descrita por Peiró *et al.* (2009).

Para el procedimiento quirúrgico las vacas fueron sedadas con xilacina aplicada por vía intramuscular (IM) a una posología de 0,1 a 0,2 mg/kg y se les aplicó anestesia paravertebral con lidocaína al 2%.

Una vez obtenidos los ovarios, se realizó un corte diametral sobre el estigma del folículo preovulatorio para seccionarlo en 2 partes simétricas.

Una de las partes del folículo preovulatorio se conservó en solución acuosa de formalina al 10% de pH 7,4 hasta su procesamiento en el Laboratorio de histotécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Tolima.

En el sitio de máximo diámetro folicular se realizaron 5 cortes consecutivos de 5 μm de grosor, los cuales se tiñeron con

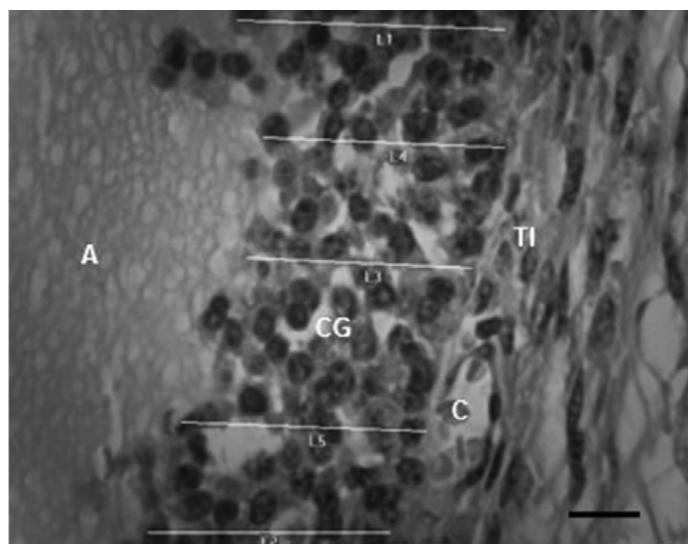


FIGURA 1. Medidas de la capa de cg en folículo ovárico de hembra bovina de la raza Brahman. Barra de escala = 10 μm . Antro (A), células de la granulosa (CG), células de la teca interna (TI), capilar (C) Fuente: elaboración propia.

hematoxilina y eosina (H&E). Se siguieron las técnicas estandarizadas en el laboratorio. La morfometría folicular se determinó en el laboratorio de reproducción animal de la FMVZ de la Universidad del Tolima con microscopio de luz a 40x y la ayuda del software Image Pro Plus; la escala del software fue calibrada (figura 1).

Para cada corte se estableció como radio del antro folicular el valor del diámetro, obtenido mediante la última ecografía previa a la extirpación del ovario, dividido en 2 ($r = D / 2$).

Para deducir el volumen ocupado por las CG y el de la TI, se calculó el radio total del folículo. Para esto, se adicionó al radio del antro folicular el promedio del grosor de las capas de CG y de la TI.

Una vez obtenido el radio total, asumiendo una forma perfectamente esférica de los folículos, se utilizó la fórmula de la esfera para el cálculo del volumen del antro: $v = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$ (Rodrigues *et al.* 2018).

El volumen ocupado por las capas de CG y de la TI del folículo se calculó por diferencias entre el volumen del folículo completo, el volumen ocupado por el antro folicular y el volumen ocupado por el antro folicular más la capa de CG.

El análisis estadístico de los resultados se realizó por análisis exploratorio de datos. Se aplicó la prueba de T de Student y se realizaron análisis de correlación de Pearson, mediante el software Info Stat, versión 2008 (Di Rienzo *et al.* 2008).

RESULTADOS

Parámetros del periodo interestros

Una vez realizado el seguimiento ecográfico a las hembras de las 2 razas estudiadas, se determinaron los valores promedio del periodo interestro, duración del estro, tiempo de

ovulación y tamaño del folículo preovulatorio. Estos valores se presentan en la tabla 1.

En la duración de ciclo estral no hubo diferencias entre razas ($p > 0,05$). Para la raza RS se observaron valores promedios de $21,2 \pm 1,69$ días, con variaciones entre 18 y 24 días y para Br $19,9 \pm 1,60$ días con variaciones entre 17 y 21 días (figura 2).

La duración del estro de $13,9 \pm 6,98$ y $9,60 \pm 4,72$ h para las razas RS y Br, respectivamente, fue igual en promedio ($p > 0,05$). En la raza RS se presentaron variaciones entre 4 y 24 h, mientras que en la raza Br se observaron estros de entre 4 h y 19 h (figura 3).

Se observó, además, tendencia a una mayor aparición de estros durante las primeras horas de la mañana en la raza RS, 46,66% vs. 20% en la raza Br. No obstante, al totalizar los estros observados a primera hora en la mañana, es decir, con inicio en horas de la madrugada, y relacionarlos con los observados con inicio en horas de la noche para ambas razas, se encontró en ambos casos 7/15 celos; es decir, 46,66% de los estros iniciaron en horas de la noche. No se observaron estros anovulatorios en ninguna de las 2 razas estudiadas, ni ovulaciones sin evidencia de estro.

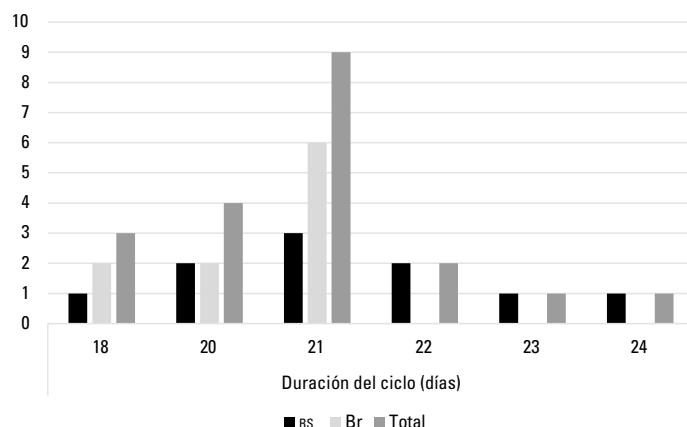
El tiempo transcurrido desde observación de los primeros signos del estro hasta la ovulación, fue de $21,20 \pm 5,07$ h para los animales de la raza Br, con variaciones desde 17 hasta 31 h y de $24,40 \pm 6,43$ h para los de la raza RS con un valor mínimo de 16 h y uno máximo de 35. No se observó diferencia estadísticamente significativa entre las 2 razas ($p > 0,05$).

La concentración media de progesterona sérica en este día para las hembras de los 2 grupos raciales fue de $0,51 \pm 0,30$ ng/ml para las de la raza RS y de $0,61 \pm 0,27$ para las de la raza Br. No se detectaron diferencias significativas entre las 2 razas ($p > 0,05$).

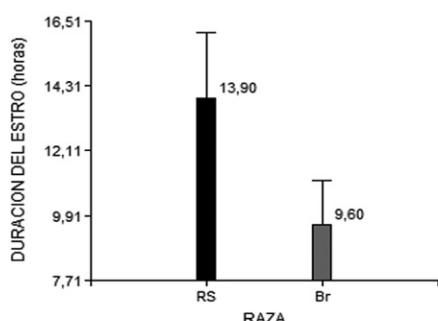
TABLA 1. Duración promedio del ciclo estral y estro, diámetro medio de vacas Romosinuano y Brahman bajo condiciones de bosque seco tropical (bs-T)

	Duración promedio del ciclo estral (días)	Duración promedio del estro (horas)	Diámetro promedio de los folículos preovulatorios (mm)
Romosinuano	$21,2 \pm 1,69$	$13,9 \pm 6,98$	$12,39 \pm 1,66$
Brahman	$19,9 \pm 1,60$	$9,60 \pm 4,72$	$11,98 \pm 2,20$

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 2.** Distribución promedio de la duración del ciclo estral en las razas RS y Br

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 3.** Distribución promedio de la duración del estro en las razas RS y Br

Fuente: elaboración propia.

Medidas de los componentes foliculares

Los resultados de los promedios de las medidas de longitud de los componentes foliculares para las 2 razas en estudio se presentan en la tabla 2.

En ella se puede apreciar que el diámetro de los folículos preovulatorios de las hembras de la raza RS presentó un promedio de $12,68 \pm 2,06$ mm en el momento previo a la ovulación, aunque se observaron variaciones en los datos individuales de las hembras entre 10,62 y 15,8 mm.

En las hembras de la raza Br el diámetro promedio de los folículos preovulatorios,

TABLA 2. Distribución de promedios de las medidas foliculares de longitud y volumen en folículos preovulatorios de las razas RS y Br

Raza	Variable	N.º	Media	D. E.	Mín.	Máx.
RS	Diámetro antro (mm)	5	12,68	2,06	10,62	15,80
RS	Volumen antro (cm ³)	5	1,14	0,57	0,63	2,07
RS	Grosor CG (μm)	5	55,12	6,46	45,86	61,45
RS	Volumen CG (mm ³)	5	27,93	6,11	20,75	36,18
RS	Grosor CTI (μm)	5	122,50	20,53	104,61	149,26
RS	Volumen CTI (mm ³)	5	64,97	19,71	38,63	87,23
Br	Diámetro antro (mm)	5	12,40	1,50	10,60	14,10
Br	Volumen antro (cm ³)	5	1,03	0,37	0,62	1,47
Br	Grosor CG (μm)	5	49,48	17,07	39,21	79,67
Br	Volumen CG (mm ³)	5	25,40	13,85	13,95	48,13
Br	Grosor CTI (μm)	5	129,61	84,85	71,91	279,37
Br	Volumen TI (mm ³)	5	59,83	25,67	45,67	105,38

Fuente: elaboración propia.

establecido por ultrasonografía, presentó variaciones en los datos individuales entre 10,6 mm y 14,1 mm, con promedio de $12,40 \pm 1,50$ mm. En las hembras estudiadas no hubo diferencias significativas en el diámetro de los folículos preovulatorios entre las razas RS y Br ($p > 0,05$). Se encontró que en los animales estudiados no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en lo relacionado con el volumen folicular, el cual fue de $1,14 \pm 0,57$ cm³ y de $1,03 \pm 0,37$ cm³ para las razas RS y Br, respectivamente.

El grosor de la capa de CG para los animales de la raza RS registró un promedio de $55,12 \pm 6,46$ μm, este parámetro mostró variaciones individuales en los animales estudiados entre 45,86 y 61,45 μm mientras que para la raza Br el promedio fue de $49,48 \pm 17,07$ μm, con valores mínimos y máximos de 39,21 y 79,67 μm, respectivamente, lo que establece que no hubo

diferencias estadísticamente significativas entre las 2 razas ($p > 0,05$).

Al calcular el volumen ocupado por la capa de CG (tabla 2), parámetro tridimensional que asocia el grosor de la capa con el tamaño del folículo preovulatorio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las 2 razas ($p > 0,05$), con valores promedio de $25,40 \pm 13,85$ mm³ para la raza Br y $27,93 \pm 6,11$ mm³ para la raza RS.

En cuanto a lo relacionado con la capa de células de la TI, el grosor promedio de esta para la raza RS fue de $122,50 \pm 20,53$ 104,61 – 149,26 μm, entretanto para la raza Br fue de $129,61 \pm 84,85$ con variaciones desde 71,91 hasta 279,37 μm. Estadísticamente no se hallaron diferencias significativas entre las 2 razas ($p > 0,05$).

Al calcular el volumen ocupado por la capa de células de la TI (tabla 2), parámetro

TABLA 3. Distribución de promedios de desarrollo del cuerpo lúteo y concentración sérica de P_4 durante el ciclo estral de las razas RS y Br

	Romosinuano	Brahman	General
Día de observación del CL	5,38 ± 1,77	4,63 ± 2,13	5,0 ± 1,93
Día de máximo desarrollo del CL (DMDCL)	14,88 ± 3,4 ^a	10,00 ± 3,16 ^a	12,6 ± 4,05
P_4 ng/ml DMDCL	5,37 ± 1,38 ^a	5,74 ± 0,89 ^a	5,54 ± 1,15

Día 0 = estro.

Fuente: elaboración propia.

tridimensional que asocia el grosor de la capa con el tamaño del folículo preovulatorio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las 2 razas ($p > 0,05$), con valores promedio de $64,97 \pm 19,71 \text{ mm}^3$ para la raza RS y $59,83 \pm 25,67 \text{ mm}^3$ para la raza Br.

Desarrollo del cuerpo lúteo y concentración sérica de P_4 durante el ciclo estral

La observación diaria de los ovarios permitió identificar claramente el CL por ultrasonografía en promedio a los $5,0 \pm 1,93$ días posovulación, con variaciones entre 2,0 y 8,0 días. En las hembras de la raza RS se observó en promedio a los $5,38 \pm 1,77$ días, mientras que en las de la raza Br, a los $4,63 \pm 2,13$ (tabla 3).

El momento de máximo desarrollo estructural de los cuerpos lúteos para la totalidad de las hembras estudiadas, en promedio, ocurrió el día $12,6 \pm 4,05$ (día 0 = estro), con un diámetro promedio de $22,92 \pm 3,60 \text{ mm}$. Para las de la raza RS el diámetro máximo se observó en promedio el día $14,88 \pm 3,4$, con $23,06 \pm 3,9 \text{ mm}$, mientras que para las de la raza Br fue el día $10,00 \pm 3,16$ con un diámetro promedio de $22,75 \pm 3,16 \text{ mm}$. No se encontraron diferencias significativas para el diámetro máximo del CL ($p > 0,05$) entre las razas estudiadas, mientras que sí se observaron

diferencias para el día en que se presentó esta condición, entre las razas RS y Br ($p > 0,05$).

La concentración media de progesterona para el día en que se registró el máximo diámetro del CL fue de $5,37 \pm 1,38 \text{ ng/ml}$ para la raza RS y $5,74 \pm 0,89 \text{ ng/ml}$ para la raza Br. No se presentaron diferencias significativas entre razas ($p > 0,05$), con media general para los animales experimentales de $5,54 \pm 1,15 \text{ ng/ml}$ (tabla 3).

Al analizar el grado de relación entre el tamaño del CL y la concentración media de P_4 en este día, se observó en los animales estudiados una débil correlación inversa entre el diámetro del CL y la concentración media de P_4 en el suero sanguíneo (coeficiente de correlación de Spearman: $-0,23$, $p > 0,05$).

DISCUSIÓN

Duración del ciclo estral

La duración del ciclo estral en las hembras de la raza Br en este trabajo osciló entre 18 y 21 días, con promedio de $19,9 \pm 1,6$ días. Este parámetro se encuentra dentro de los rangos reportados como normales para la especie bovina en otras latitudes y concuerda con lo reportado por Enjoy *et al.* (2012) para hembras Br en Venezuela con promedio de $21,3 \pm 0,7$ días y variaciones entre 19-24 días.

Los valores obtenidos para la duración del ciclo estral en las hembras de la raza RS oscilaron entre 18 y 24 con promedio $21,2 \pm 1,69$ días, lo que coincide con lo revisado por Forde *et al.* (2011). Estos se distribuyeron de tal manera que el 10% de los ciclos estrales fueron de 18 días, el 20% de 20 días, el 30% de 21, el 20% de 22 días, el 10% de 23 días y el 10% de 24 días. El 80% de los ciclos observados fueron de 2 ondas de crecimiento folicular y el 20% de 3.

Duración del estro

Hubo una alta proporción de aparición de estros durante las primeras horas de la mañana (46,66%) en las 2 razas objeto de estudio, lo que coincide con lo reportado por Borges *et al.* (2004), quienes encontraron que la mayoría de los estros fueron observados en horas de la mañana (57,3%) en hembras de las razas Gir y Nelore. Esta situación facilita la tarea de detección del estro y ayuda establecer tiempos para los procedimientos en los programas de inseminación artificial a celo detectado, lo que redunda en buenos indicadores de eficiencia reproductiva de las hembras en programas de reproducción asistida. Los hallazgos podrían deberse al estrés por calor (Góngora y Hernández, 2010), pues este altera el desarrollo y la dominancia folicular durante los primeros 8 días del ciclo estral. Si este efecto se mantiene en forma crónica, la actividad de la aromatasa y las concentraciones de estradiol (E_2) en el líquido folicular disminuyen (Badinga *et al.* 1985).

Se encontró que la duración del estro en animales de razas *Bos indicus* fue de unas 10 h, más breve que en *Bos taurus* (Galina y Arthur, 1990). Así mismo, se reportó que hubo amplias variaciones en la duración, desde 1,3 hasta 20 h y en la mayoría de las vacas (53,8%) el estro empezó durante la

noche (entre las 18:00 y las 06:00 h) y en el 34,6% de ellas el estro inició y finalizó durante la noche (Pinheiro *et al.* 1998).

Intervalo estro-ovulación

En los animales de las 2 razas objeto de estudio no se presentaron estros anovulatorios a diferencia de lo observado en otras latitudes, pues se ha reportado que entre 3,0 y 8,4% de los animales de la raza Br presentan estros anovulatorios, al igual que un porcentaje entre 22 y 31% de ovulaciones sin evidencia de estro (Plasse *et al.* 1968). Se puede deducir que no hubo presentación de estros anovulatorios, pues en las hembras en las que se observó estro evidenciaron con el examen ultrasonográfico un folículo de tamaño preovulatorio, el cual desapareció con la consecuente aparición de un cuerpo lúteo en el lugar de aparente ocupación del mencionado folículo, CL que se hizo evidente en la ecografía 5 días más tarde. Es factible proponer que la escogencia de los animales utilizados en el presente estudio, además de su reconocida fertilidad, estuvieron bajo condiciones ambientales y de alimentación adecuadas y, por ello, se facilitó la expresión de los parámetros fisiológicos estimados.

El tiempo transcurrido desde la observación de los primeros signos de quietud al intento de monta por parte del macho hasta la ovulación fue de $21,20 \pm 5,07$ h para los animales de la raza Br, y de $24,40 \pm 6,43$ h para los de la raza RS, datos que no coinciden con lo reportado por Walker *et al.* (1996) en hembras Holstein ($27,6 \pm 5,4$ h) y por Pinheiro *et al.* (1998) en hembras Nelore ($26,6 \pm 0,44$ h), quienes además no encontraron diferencias en el tiempo transcurrido desde la detección del estro hasta la ovulación entre estros espontáneos o inducidos, pero sí coinciden con

lo reportado en hembras Gir ($23,9 \pm 5,1$ h) y Nelore ($21,5 \pm 6,2$ h) (Borges *et al.* 2004).

La caracterización de este intervalo es esencial para la estimación del mejor tiempo para la inseminación en el ganado bovino (Pinheiro *et al.* 1998). En novillas Br, algunos reportes más recientes muestran intervalos un poco más largos, alrededor de 25-29 h (Cavalieri *et al.* 1997; Pinheiro *et al.* 1998), discrepancia que se ha sido atribuida al grado de precisión de los métodos utilizados para la detección del inicio y finalización del estro, como en el caso de la uso de dispositivos electrónicos instalados en los animales. La precisión en la detección puede también verse afectada por factores como el estrés crónico (Walker *et al.* 2008).

Si bien la evaluación morfológica de los folículos es indudablemente popular, su precisión como predictor de la calidad del oocito es todavía incierta (Perry *et al.* 2005), el tamaño de los folículos antrales podría ser un valioso marcador para los procesos de fertilización *in vitro*, en el presente trabajo durante la evaluación ultrasonográfica no se encontró diferencia en el diámetro del folículo preovulatorio entre las razas RS y Br, $12,68 \pm 1,85$ vs. $12,40 \pm 1,35$ mm, respectivamente ($> 0,05$). Esto podría explicarse por el hecho de tratarse de folículos de más de 10 mm de diámetro, puesto que se encontró que el 80% de los animales con folículos de más de 8,5 mm de diámetro y el 90% de los de más de 10 mm ovulan en respuesta a una dosis de 25 mg de la LH (Gimenes *et al.* 2008).

Los valores encontrados para la raza Br difieren de los hallados por otros autores en latitudes similares. Enjoy *et al.* (2012), por ejemplo, encontraron en vacas Br que el diámetro de los folículos preovulatorios fue de $12,7 \pm 0,4$ mm, parámetro que

estadísticamente no dista de lo encontrado en el presente trabajo y difiere de lo reportado para ganado Nelore (11 mm), otra de las razas *Bos indicus* de importancia en el trópico cálido (Figueiredo *et al.* 1997). No obstante estas diferencias, se cree que el tamaño del folículo preovulatorio aparentemente no tiene efecto sobre la fertilidad cuando la ovulación ocurre espontáneamente, ya que este ovula en un amplio rango de tamaños cuando está fisiológicamente maduro (Perry *et al.* 2005), lo que mostraría que el diámetro de los folículos no necesariamente indica si el folículo está saludable y en crecimiento o si está sufriendo atresia (Han *et al.* 2006).

Desarrollo de componentes foliculares

La tasa de crecimiento de los folículos ováricos es relativamente grande y el aumento en el tamaño de estos es el producto de la proliferación de las células que lo componen y, principalmente, del aumento en el contenido de líquido folicular. Se ha observado que la tasa de crecimiento folicular varía desde $0,78 \pm 0,1$ mm/d (Enjoy *et al.* 2012), lo que obliga a pensar que la expresión de la respuesta esteroidogénica tanto del folículo ovárico, como del CL estarían dependiendo del desarrollo de los mismos y de su tasa metabólica.

El incremento en el número de CG del folículo preovulatorio probablemente podría resultar en un mayor número de células luteales grandes, con un subsecuente incremento en el tamaño del CL e incremento en la secreción de P_4 (Sartori *et al.* 2002). En el presente trabajo se pudo encontrar que no se registraron diferencias estadísticamente significativas en el grosor de la capa de CG entre los folículos preovulatorios de los animales de la raza RS ($55,12 \pm 15,51$ μm) y los de

la raza Br ($49,48 \pm 17,07 \mu\text{m}$), ni en el volumen ocupado por estas ($27,93 \pm 6,11$ vs. $25,40 \pm 13,85 \text{ mm}^3$, respectivamente), lo que haría suponer que el subsecuente CL debería haber alcanzado un volumen similar si se hubieran permitido las ovulaciones; sin embargo, la información previa obtenida de los folículos y CL de los ciclos anteriores permite suponer que no se hubieran presentado diferencias significativas en el tamaño. Aunque se ha observado que la inducción de la ovulación en novillas durante su primera onda de crecimiento folicular se refleja en la formación de cuerpos lúteos de menor tamaño y con menor capacidad para sintetizar esteroides comparados con aquellos cuerpos lúteos provenientes de una ovulación espontánea, al parecer por una menor expresión de receptores para LH (Gregson *et al.* 2016), la diferencia en tamaño podría ser compensada por la tasa de síntesis de esteroides, estimulada probablemente por la acción de otras moléculas no analizadas en el presente estudio, pues se ha reportado, por ejemplo, que la LH junto con el factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I) estimulan la esteroidogénesis en las células de la TI de los bovinos (Abreu *et al.* 2018).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se podría establecer que no existen diferencias en los eventos fisiológicos estudiados entre las razas RS y Br; es importante seguir indagando en detalle en los procesos fisiológicos no solo durante el interestro, sino también durante otras etapas de la vida productiva de los animales, como durante el posparto y la gestación temprana, sin olvidar que las

características reproductivas son de carácter multifactorial y que para efectos del presente trabajo solo se han abordado algunos elementos relacionados con la fisiología ovárica como aporte al conocimiento de la especie bovina que, sin duda, pueden servir de base para futuros análisis en los bovinos residentes en el trópico.

REFERENCIAS

- Abreu F, Da Silva MC, Cruppe L, Mussard M, Bridges G, Harstine B, Day M. 2018. Role of progesterone concentrations during early follicular development in beef cattle: I. Characteristics of LH secretion and oocyte quality. *Ani Reprod Sci.* 196:59-68.
- Badinga L, Collier RJ, Thatcher W, Wilcox C. 1985. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J Dairy Sci.* 68(1):78-85.
- Borges A, Torres C, Rocha Júnior V, Ruas J, Gioso M, Fonseca J, Maffli V. 2004. Follicular dynamic and ovulation time of non-lactating Gir and Nelore cows during two seasons of the year. *Arq Bras Med Vet Zoo.* 56(3):346-354.
- Cavalieri J, Rubio I, Kinder J, Entwistle K, Fitzpatrick L. 1997. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in Bos indicus cows. *Theriogenology.* 47(4):801-814.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, González L, Tablada M, Robledo CI. 2008. versión 2008. Córdoba (Argentina): Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Edson MA, Nagaraja AK, Matzuk MM. 2009. The mammalian ovary from genesis to revelation. *Endocr Rev.* 30(6):624-712.
- Enjoy D, Endel D, Cabrera P, Vivas I, Díaz T. 2012. Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas brahman. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias.* 53(1):39-47.
- Figueiredo R, Barros C, Pinheiro O, Soler J. 1997. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (Bos indicus) cattle. *Theriogenology.* 47(8):1489-1505.

- Forde N, Beltman M, Lonergan P, Diskin M, Roche J, Crowe M. 2011. Oestrous cycles in Bos taurus cattle. *Anim Reprod Sci.* 124(3):163-169.
- Galina C, Arthur G. 1990. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrous cycles. Documento presentado en: Animal Breeding Abstracts.
- Gilbert I. 2011. Étude de l'expression génique dans les cellules de la granulosa bovine durant la période pré-ovulatoire.
- Gimenes LU, Sá Filho MFD, Carvalho NATD, Torres-Júnior J, Souza AD, Madureira E, Carvalho J. 2008. Follicle deviation and ovulatory capacity in Bos indicus heifers. *Theriogenology.* 69(7):852-858.
- Góngora A, Hernández A. 2010. La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica.* 13(2):141-151.
- Green M, Hunter M, Mann G. 2005. Relationships between maternal hormone secretion and embryo development on day 5 of pregnancy in dairy cows. *Anim Reprod Sci.* 88(3-4):179-189.
- Gregson E, Webb R, Sheldrick EL, Campbell BK, Mann GE, Liddell S, Sinclair KD. 2016. Molecular determinants of a competent bovine corpus luteum: first-vs final-wave dominant follicles. *Reproduction.* 151(6):563-575.
- Han ZB, Lan GC, Wu YG, Han D, Feng WG, Wang JZ, Tan JH. 2006. Interactive effects of granulosa cell apoptosis, follicle size, cumulus-oocyte complex morphology, and cumulus expansion on the developmental competence of goat oocytes: a study using the well-in-drop culture system. *Reproduction.* 132(5):749.
- Khan A, Khan MZ, Umer S, Khan IM, Xu H, Zhu H, Wang Y. 2020. Cellular and Molecular Adaptation of Bovine Granulosa Cells and Oocytes under Heat Stress. *Animals.* 10(1):110.
- Mann G. 2009. Corpus luteum size and plasma progesterone concentration in cows. *Anim Reprod Science.* 115(1):296-299.
- Meidan R, Girsh E, Mamluk R, Levy N, Farberov S. 2017. Luteolysis in ruminants: past concepts, new insights, and persisting challenges. En: *The Life Cycle of the Corpus Luteum.* Springer. Pp. 159-182.
- Oosthuizen N, Cooke RF, Schubach KM, Fontes PL, Brandão AP, Oliveira Filho RV, Pohler KG. 2020. Effects of estrous expression and intensity of behavioral estrous symptoms on variables associated with fertility in beef cows treated for fixed-time artificial insemination. *Anim Reprod Sci.* 214:106308.
- Peiró JR, Nogueira GM, Nogueira GP, Perri SH, Cardoso D. 2009. Ovariectomy by left flank approach in prepubertal Nelore (Bos indicus) heifers. *Can J Vet Res.* 73(3):237.
- Perry GA, Smith MF, Lucy MC, Green JA, Parks TE, MacNeil MD, Geary TW. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *P Natl Acad Sci USA.* 102(14):5268-5273.
- Pierson R, Ginther O. 1988. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology.* 29(1):21-37.
- Pinheiro O, Barros C, Figueiredo R, Do Valle E, Encarnação R, Padovani C. 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in nelore cattle (Bosindicus with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 α or norgestomet and estradiol valerate). *Theriogenology.* 49(3):667-681.
- Plasse D, Warnick A, Reese R, Koger M. 1968. Reproductive Behavior of Bos Indicus Females in a Subtropical Environment. II. Gestation Length in Brahman Cattle 1. *J Anim Sci.* 27(1):101-104.
- Robinson R, Hammond A, Hunter M, Mann G. 2005. The induction of a delayed post-ovulatory progesterone rise in dairy cows: a novel model. *Domest Anim Endocrin.* 28(3):285-295.
- Rodgers RJ, Irving-Rodgers HF. 2010. Formation of the ovarian follicular antrum and follicular fluid. *Biol Reprod.* 82(6):1021-1029.
- Rodrigues A, Cooke R, Cipriano R, Silva L, Cerri R, Cruppe L, Vasconcelos J. 2018. Impacts of estrus expression and intensity during a timed-AI protocol on variables associated with fertility and pregnancy success in Bos indicus-influenced beef cows. *J Anim Sci.* 96(1):236-249.
- Sartori R, Rosa G, Wiltbank M. 2002. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and

- lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci.* 85(11):2813-2822.
- Senger. 2012. Pathways to pregnancy and parturition. Redmond: Current Conceptions, Inc.
- Shrestha K, Rodler D, Sinowitz F, Meidan R. 2019. Corpus Luteum Formation. En: *The Ovary*. Elsevier. Pp. 255-267.
- Townson D, Tsang P, Butler W, Frajblat M, Griel L, Johnson C, Pate J. 2002. Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. *J Anim Sci.* 80(4):1053-1058.
- Walker S, Smith R, Jones D, Routly J, Dobson H. 2008. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Horm Beh.* 53(3):493-501.
- Walker W, Nebel R, McGilliard M. 1996. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 79(9):1555-1561.
- Yung M, VandeHaar M, Fogwell R, Sharma B. 1996. Effect of energy balance and somatotropin on insulin-like growth factor I in serum and on weight and progesterone of corpus luteum in heifers. *J Anim Sci.* 74(9):2239-2244.

Forma de citación del artículo

Vejarano A, Hernández A. 2021. Grado de desarrollo del folículo preovulatorio y su relación con el tamaño del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en las razas Romosinuano (RS) y Brahman (Br). *Rev Med Vet Zoot.* 68(1): 52-65.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97255>

Enfermedad podal en bovinos: prevalencia y asociación con algunas variables

L. M. Arrieta¹, J. M. Cruz^{2}, L. G. González-Herrera³*

Artículo recibido: 5 de mayo de 2020 - Aprobado: 12 de septiembre de 2020

RESUMEN

La enfermedad podal constituye uno de los síndromes más difíciles de controlar en la industria lechera. El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar la prevalencia de enfermedad podal, evaluando su asociación con factores como raza, orden de parto y peso. Se trata de un estudio retrospectivo que utiliza los registros sanitarios y productivos de un hato lechero ubicado en el trópico alto de Colombia. Los componentes raciales presentes fueron F1 Holstein x Blanco Orejinegro, 3/4 Holstein 1/4 Blanco Orejinegro, 5/8 Holstein 3/8 Blanco Orejinegro y Holstein 100%. Se consideraron 6 órdenes de parto. La variable enfermedad podal presenta una distribución binomial. El efecto de los factores se verificó utilizando un modelo lineal generalizado, por medio de una regresión logística (PROC GENMOD SAS versión 9.4). En caso de existir diferencias significativas, se aplicó el procedimiento LSMEANS del SAS (versión 9.4) y un Odds Ratio entre los niveles que presentaron significancia. La prevalencia de enfermedad podal en el hato fue de 10,55%. Los factores de riesgo considerados fueron estadísticamente significativos: componente racial ($p < 0,0009$), orden parto ($p < 0,0001$) y peso medio de las vacas ($p < 0,0001$). Se observó un incremento en la prevalencia de la enfermedad asociado a la raza Holstein, orden de parto alto y bajo peso corporal. La prevalencia de enfermedad podal fue mayor en vacas Holstein puras y menor en vacas Holstein cruzadas con Blanco Orejinegro, debido a la resistencia por heterosis que la raza criolla aporta. El incremento del orden de parto al igual que el bajo peso se relacionan con una mayor prevalencia de esta enfermedad.

Palabras clave: raza autóctona, trastornos de locomoción en bovinos, peso corporal medio.

Podal disease in cows: prevalence and association with some variables

ABSTRACT

Foot disease is one of the most difficult syndromes to control in the dairy industry. The goal of this study was to quantify the prevalence of foot disease, evaluating its association with factors such as race, calving order and weight. This is a retrospective study

¹ Práctica privada. lmariettag@unal.edu.co.

² Docente. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Carrera 65 N.º 59a-110. jmcrusa@unal.edu.co.

³ Grupo de investigación en biodiversidad y genética molecular. Docente. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Carrera 65 N.º 59a-110. luggonzalezhe@unal.edu.co

using the health and production records of a dairy herd located in the high tropics of Colombia. The racial components present were F1 Holstein x Blanco Orejinegro, 3/4 Holstein 1/4 Blanco Orejinegro, 5/8 Holstein 3/8 Blanco Orejinegro, Holstein 100%. 6 delivery orders were considered. The variable foot disease presents a binomial distribution. The effect of the factors was verified using a generalized linear model, by means of a logistic regression (PROC GENMOD SAS version 9.4). In the event of significant differences, the SAS LSMEANS procedure (version 9.4) and an Odds Ratio were applied between the levels that presented significance. The prevalence of foot disease in the herd was 10,55%. The risk factors considered were statistically significant: racial component ($p < 0,0009$), calving order ($p < 0,0001$) and average weight of the cows ($p < 0,0001$). An increase in the prevalence of the disease was observed associated with the Holstein breed, high calving order and low body weight. The prevalence of foot disease was higher in pure Holstein cows and lower in Holstein cows crossed with Blanco Orejinegro due to the resistance due to heterosis that the creole breed contributes. The increase in the delivery order as well as the low weight are related to a higher prevalence of this disease.

Keywords: native breed, locomotion disorders in cattle, average body weight.

INTRODUCCIÓN

La alta frecuencia de claudicaciones genera un impacto económico negativo de magnitud considerable y una disminución en la calidad de vida de los animales. Este es un problema muy prevalente en el ganado lechero (Tadich *et al.* 2005). La enfermedad podal (EP), debido a las dificultades que presenta la hora de controlarla, se constituye en uno de los principales síndromes que afecta el sector (Randall *et al.* 2015).

La EP está asociada a una cantidad considerable de variables que aumentan su prevalencia. Factores como la raza (Barker *et al.* 2010), el peso vivo y el tipo de explotación (estabuladas-pastoreo) se han estudiado y descrito (Randall *et al.* 2015). De otra parte, se conoce que la intensificación de la producción de leche ocasiona un incremento en el riesgo de sufrir cojeras (Huxley 2012). La tendencia en los últimos años de seleccionar vacas más productoras se ha visto aparejada con un aumento en la prevalencia de estas patologías.

El dolor que afecta a una vaca coja se ve reflejado en cambios del comportamiento

para descansar, caminar y alimentarse, y es posiblemente una de las condiciones que más perturba el desempeño de la manada, esta resulta en una disminución de la producción y la eficiencia reproductiva e incrementa la remoción temprana del hato (Cook y Nordlund 2009).

Deben considerarse los contrastes entre los sistemas estabulados o semiestabulados de producción de leche en relación con el sistema de pastoreo, en el que el aparato locomotor está más exigido, especialmente cuando la llegada a las salas de ordeño exige caminatas por terrenos difíciles. Una vaca coja en un sistema pastoril está en problemas para acceder a su alimento, desplazarse al ordeño y mantener su estatus jerárquico dentro del rebaño, situaciones estresantes que agravan rápidamente la condición sanitaria y productiva de estos animales (Flor y Tadich 2008).

La prevalencia de EP varía entre regiones, granjas y sistemas de alojamiento. Estas diferencias se explican porque los métodos de manejo cambian de un sitio a otro (Solano *et al.* 2015) y esto ocasiona

dificultades a la hora de comparar la frecuencia de la enfermedad entre regiones y países.

En este trabajo se calculó la prevalencia de EP en un hato de especialización lechera ubicado en el trópico alto de Colombia, y se estableció la asociación de esta condición con algunos factores como la raza, el orden de parto y el peso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los registros sanitarios de un hato lechero de 9 años para realizar un estudio retrospectivo. La hacienda se ubica en el corregimiento de Santa Elena a 16 km de Medellín, departamento de Antioquia (Colombia), en una zona de bosque muy húmedo, montano bajo, con una temperatura media de 14°C y a una altura de 2500 m s. n. m.

Las vacas permanecían en pastoreo en praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) y recibían un suplemento de concentrado comercial durante el ordeño en relación 4:1, por cada 4 l de leche se suministra 1 kg de concentrado, a partir de los 10 litros de producción. La hacienda posee ordeño mecánico y se realizan 2 ordeños al día (1:00 y 13:00). En promedio se manejan 100 vacas en ordeño, con predominio de la raza Holstein y algunas vacas producto del cruzamiento entre Holstein y Blanco Orejinegro (raza criolla colombiana) y entre Holstein y Jersey. Las vacas están distribuidas en 3 lotes, de acuerdo con el nivel de producción: alto (promedio = 30 l), medio (promedio = 22 l) y bajo (menos de 17 l).

Los componentes raciales (CR) presentes en el hato fueron F1 Holstein x BON, 3/4 Holstein 1/4 BON, 5/8 Holstein 3/8 BON, Holstein 100% y otros menos numerosos que no se incluyeron en el análisis. Los registros de los CR serán

identificados con las letras A, B, C y D, respectivamente.

Los registros del hato llevados en tarjetas contienen información de producción de leche por lactancia, pesajes mensuales de las vacas, reporte de enfermedades y tratamientos, órdenes de parto y fechas de parto. Estos datos se digitalizaron en formatos Excel.

Para la depuración de la información, el cálculo de la prevalencia de EP y los respectivos análisis estadísticos se utilizó el software SAS (versión 9.4). La prevalencia de la enfermedad podal (PEP) global en la granja se calculó utilizando la fórmula recomendada por (Wolfová *et al.* 2006):

$$PEP = \frac{\text{Número de casos}}{\text{Número de vacas en riesgo}}$$

Los factores a tener en cuenta sobre la PEP fueron el CR, el orden de parto (OP), organizado en 6 categorías (OP1, OP2, OP3, OP4, OP5, OP> o igual a 6), y el peso.

La variable enfermedad podal (EP) presenta una distribución binomial con 2 categorías: 1 para vacas que presentaron la enfermedad y 0 para las que no. Para verificar la influencia de los factores mencionados sobre la EP, se utilizó un modelo lineal generalizado por medio de una regresión logística. Para ello, se utilizó el procedimiento PROC GENMOD (SAS, versión 9.4), bajo el siguiente modelo:

$$n_i = \log[p_i / (1 - p_i)] =$$

$$m + CR_j + OP_k + \beta_0 + \beta_1 x_i + e_{ijkl}$$

Donde:

n_i = proporción sobre la escala logarítmica de la enfermedad podal.

M = media general de la proporción de la escala logarítmica.

CR_j = efecto fijo del componente racial j (A, B, C y D).

OP_k = efecto fijo del orden de parto k (1, 2, 3, 4, 5 y 6 o más)

B₀ = intercepto relacionado con el peso medio de las vacas (X_i).

B₁ = regresor lineal relacionado con el peso medio de las vacas.

E = error asociado a cada una de las observaciones.

En el caso de existir diferencias significativas producto de la regresión logística, para los efectos fijos considerados, se verificaron dichas diferencias entre los niveles de cada efecto utilizando las medias estimadas por mínimos cuadrados mediante el procedimiento LSMEANS del SAS (versión 9.4).

Cuando el peso medio de las vacas fue identificado como un factor influyente sobre la PEP, se planteó una curva estimada referente a la proporción de vacas que sufrirían la enfermedad para un peso particular X_i , teniendo en cuenta el intervalo de pesos que presentaron los animales y usando la siguiente función:

$$\hat{p}_x = e^{(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)} / 1 + e^{(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i)}$$

Donde:

x_i = variable independiente, en este caso el peso medio de las vacas.

$\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ = parámetros de regresión estimados.

El análisis de regresión logística usa como base una distribución de ji-cuadrado:

$$\chi^2 = \frac{SCR\ MR - SCR\ MC}{\sigma^2}$$

Donde:

SCR MR se refiere a la suma de cuadrados de un modelo reducido.

SCR MC se refiere a la suma de cuadrados del modelo completo.

σ^2 es la varianza total.

La diferencia entre el valor observado y el estimado es llamada desviación. La diferencia entre las desviaciones del modelo reducido y el completo presenta una distribución aproximada a la distribución de ji-cuadrado, con grados de libertad igual a la diferencia en el número de parámetros.

Cuando los factores CR y OP fueron significativos, se realizó el cálculo del *odds ratio* (OR) teniendo en cuenta un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La PEP global en el hato fue de 10,55%, cifra moderada si se compara con lo reportado en la literatura, que asciende hasta 32% para animales en pastoreo (Tadich *et al.* 2005). Al considerar de cerca el manejo que se realiza en el hato de estudio, se encuentran algunos factores que impactan de manera positiva. El hato cuenta con caminos pavimentados que conducen a las vacas desde los potreros hasta la sala de ordeño, evitando así vías pedregosas o empantanadas. Además, se realizan labores de podología 2 veces al año para corregir el aplomo y revisar de manera preventiva las pezuñas. El trabajo de podología mantiene la morfología de la pezuña, lo que permite al animal desplazarse correctamente, y garantiza un chequeo y vigilancia periódicos por parte del personal entrenado, lo que redunda en diagnósticos tempranos (Perusia 2001).

Los factores de riesgo asociados a la PEP considerados en este trabajo fueron altamente significativos en cada uno de los casos: CR ($p < 0,0009$), OP ($p < 0,0001$) y peso medio de las vacas ($p < 0,0001$).

La PEP estimada utilizando el modelo de regresión logística según el CR fue de 11,08%, 1,86%, 4,89% y 5,31% para los CR D, A, B y C, respectivamente. El test de medias por medio de mínimos cuadrados (tabla 1) mostró que únicamente existió diferencia estadística significativa para la PEP entre los CR A y D ($p = 0,0028$), resultado que es confirmado por el intervalo de confianza (no incluye el 0 dentro del intervalo) y supone que en un 95% de las situaciones se espera que la diferencia de la PEP entre el CR A y el D varíe entre -3,12 y -0,64. Esto significa que el CR D (Holstein) presentaría, en la mayoría de situaciones, una PEP superior al CR A (F1). Esta diferencia puede ser atribuida al hecho de que el CR D presenta mayores niveles de producción y, por lo tanto, es más susceptible durante la lactancia a sufrir de enfermedad podal (Bicalho *et al.* 2008; Solano *et al.* 2015).

El OR entre los CR D vs. A fue de 3,12 (IC 95% 1,76; 5,52). Es decir, la posibilidad de padecer EP en las vacas Holstein vs. las F1 es 3,12 veces mayor. Además, al comparar la PEP entre el CR D (11,21%) y las vacas que tenían algún CR de BON (3,34%) se observó una alta significancia estadística ($p = 0,0010$, IC -2,04; -0,55) y un OR de 2,93. Se espera un efecto de heterosis favorable presente en las vacas cruzadas con BON, que las hace más resistentes a presentar la EP, principalmente en la F1.

Los autores no conocen trabajos en los que se compare la PEP de los cruces de BON con Holstein. Sarjokari *et al.* (2013), en un estudio que compara Holstein con Ayrshire, encontró un OR 1,6, hallazgo atribuido principalmente al peso y la alta producción de la raza Holstein. Es un factor conocido el que la alta producción se asocia a suplementación intensa con

carbohidratos de fácil fermentación, lo que predispone a laminitis (Kujala *et al.* 2009; Kujala *et al.* 2010). De otra parte, Barker *et al.* (2010) observaron que los hatos constituidos por razas diferentes a la Holstein o cruces de razas con componente Holstein presentaban una PEP inferior a la de los hatos constituidos solo por esta raza. Estos autores explican dicho hallazgo como resultado de una mayor producción de leche de dicha raza. Igualmente, Hoffman *et al.* (2013) describen mayor OR para EP entre la raza Holstein y la Jersey.

La PEP, según el modelo de regresión logística de acuerdo con el OP, fue de 0,88%, 1,47%, 5,76%, 7,11%, 7,80% y 25,4% para los OP 1, 2, 3, 4, 5 y 6 o más, respectivamente, donde se observa un incremento importante en la prevalencia de la enfermedad a medida que aumentan los OP. El valor es máximo en el orden de parto 6 o más, en el que se encuentran las vacas con mayor edad. Diferencias estadísticas significativas fueron verificadas entre el OP 6 y los demás OP y entre los OP 1 y 2 con los OP 3, 4 y 5 (tabla 2). Solano *et al.* (2018) también encontraron una mayor prevalencia de enfermedad podal con el aumento del orden de parto. En contraposición a lo anterior, Arcos *et al.* (2018) encontraron mayor prevalencia de enfermedad podal en vacas Holstein cruzadas con cebú comercial y vaca Pardo Suizo de primer parto.

Los valores de OR encontrados entre los OP que presentaron diferencias significativas variaron entre 1,72 y 5,22. Estos fueron más altos cuando se comparó el OP 6 con bajos órdenes de parto (tabla 2); es decir, la EP presentó una posibilidad mayor a medida que las vacas presentaron OP mayores.

Solano *et al.* (2015) describen OR de 4 entre el OP 1 y el 4. De otra parte,

TABLA 1. Test de medias para la prevalencia de enfermedad podal por medio de cuadrados mínimos de acuerdo con el componente racial con su respectivo intervalo de confianza al 95% (entre paréntesis)

CR	A	B	C	D
A	—	0,1987 (-2,52; 0,52)	0,3692 (-3,45; 1,28)	0,0028 (-3,12; -0,64)
B	—	—	0,9391 (-2,30; 2,13)	0,0710 (-1,84; 0,07)
C	—	—	—	0,4437 (-2,84; 1,24)
D	—	—	—	—

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2. Odds ratio entre los órdenes de parto que presentaron diferencias significativas para prevalencia de enfermedad podal

OP	1	2	3	4	5
3	2,12 (3,67; 1,22)	2,33 (1,4; 3,8)	-	-	-
4	1,89 (0,88; 4,07)	2,08 (1,08; 4,01)	-	-	-
5	1,72 (0,5; 2,3)	1,9 (0,67; 5,41)	-	-	-
6	4,47 (3,9; 5,8)	5,22 (4,4; 6,3)	2,24 (1,64; 3,06)	2,5 (1,78; 3,5)	2,75 (1,7; 4,48)

*Intervalo de confianza al 95% entre paréntesis

Fuente: elaboración propia.

Sarjokari *et al.* (2013) describen un OR de 6 entre el OP 3 y el OP 1. El incremento de la EP, en consecuencia, con el OP, se atribuye a la recidiva de lesiones anteriores de la pezuña (Solano *et al.* 2015).

El CR y el OP presentan influencia significativa sobre la prevalencia de EP a medida que aumenta el nivel (tanto de CR Holstein como de OP) de cada uno de estos factores. En el hato estudiado la raza BON aporta un factor de protección contra esta enfermedad a sus cruces.

Los coeficientes de regresión, obtenidos para la PEP de acuerdo con el peso medio de las vacas, fueron de 7,46 y -0,014 para B_0 y B_1 , respectivamente (figura 1). Se observa que las vacas más livianas presentan mayor probabilidad de presentar enfermedad podal, lo que puede sustentarse por el valor encontrado para el coeficiente B_1 (-0,014), el cual indica que, a medida que una vaca sobrepasa la media de peso en una unidad en kilogramos, la probabilidad de presentar la enfermedad se reduce en un 0,014%.

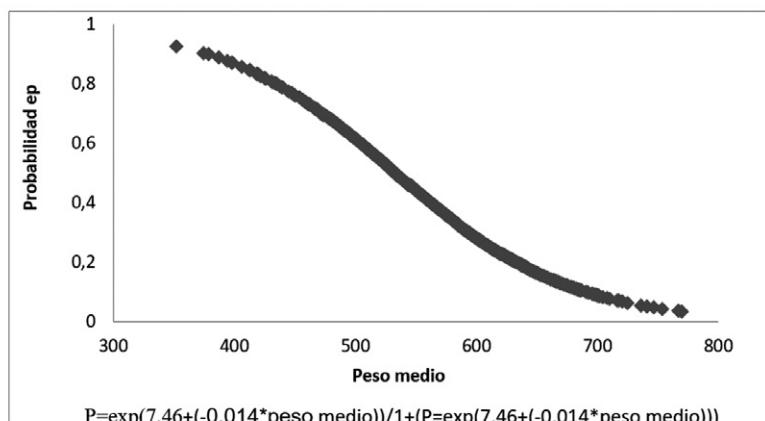


FIGURA 1. Probabilidad de presentar enfermedad podal (EP) de acuerdo al peso medio de las vacas, estimada por medio de regresión logística

Fuente: elaboración propia.

En otros estudios ya se había establecido que el bajo peso está asociado significativamente con el riesgo de padecer cojeras (Randall *et al.* 2015). Con frecuencia el ganado lechero pierde peso durante el periodo de transición, periodo que se caracteriza por un balance energético negativo (Risco 2009). De otra parte, Bicalho *et al.* (2009) demostraron que la pérdida de peso corporal también afecta el grosor de la almohadilla digital lo que predispone a la pezuña a gran debilidad y disminución en su resistencia al estrés mecánico de los desplazamientos. Además, la úlcera de la suela y la enfermedad de la línea blanca están relacionadas con el grosor de la almohadilla digital, el riesgo de estas patologías aumenta cuando el grosor de esta estructura disminuye (Huxley 2012).

Norring *et al.* (2014) observaron que las vacas con cojeras más graves tenían un peso corporal más bajo. Alawneh *et al.* (2012) describieron un estudio en el cual se comprobó que las vacas perdían

peso desde 3 semanas antes del evento de claudicación y seguían perdiendo peso hasta 4 semanas después del tratamiento, lo que en promedio ocasionaba una disminución de 61 kg por animal por evento de cojera. La explicación se relaciona con cambios en los hábitos de alimentación, ya que estos animales descansan menos e invierten menos tiempo en alimentarse; al parecer, debido a interacciones agresivas en el grupo y esto estaría condicionando la aparición de claudicaciones de manera repetida en futuras lactancias (Cook y Nordlund 2009). González *et al.* (2008) proponen que los cambios en los hábitos de alimentación son quizás el signo más sensible para detectar las claudicaciones de forma temprana.

CONCLUSIONES

Se concluye que debido a la resistencia por heterosis que la raza criolla BON aporta, la prevalencia de enfermedad podal en la población estudiada fue mayor en vacas

Holstein puras y menor en vacas Holstein cruzadas con Blanco Orejinegro. El incremento del orden de parto y el bajo peso corporal están relacionados con mayor prevalencia de la enfermedad. Estos resultados pueden ser útiles a la hora de implementar un programa preventivo y de vigilancia contra esta condición.

REFERENCIAS

- Alawneh JI, Stevenson MA, Williams NB, Lopez-Villalobos N, Otley T. 2012. The effect of clinical lameness on live weight in a seasonally calving, pasture-fed dairy herd. *J. Dairy. Sci.* 95(2):663-669. DOI: 10.3168/jds.2011-4505
- Arcos CN, Lascano PJ, Del Toro A. 2018. Incidencia de la dermatitis podal bovina en vacas lecheras en zonas ganaderas de costa y sierra en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal.* 2(3):108-113. DOI: 10.3168/jds.2009-2309.
- Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DC. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J. Dairy. Sci.* 93 (3):932-941. DOI: 10.3168/jds.2009-2309.
- Bicalho RC, Warnick LD, Guard CL. 2008. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence Throughout the lactation: A lameness example. *J. Dairy. Sci.* 91(7):2653-2661. DOI: 10.3168/jds.2007-0744.
- Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. 2009. Lameness in dairy cattle: A debilitating or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J. Dairy Sci.* 29(7):3175-3184. DOI: 10.3168/jds.2008-1827.
- Cook NB, Nordlund KV. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet. J.* 179(3):360-369. DOI:10.1016/TVJL.2007.09.016
- Flor E, Tadich N. 2008. Claudicaciones en vacas de rebaños lecheros grandes y pequeños del sur de Chile. *Arch. Med. Vet.* (40):125-134. DOI:10.3168/jds.2007-0530.
- González LA, Tolkamp BJ, Coffey MP, Ferret A, Kyriazakis I. 2008. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 91(3):1017-1028. DOI: 10.3168/jds.2007-0530.
- Hoffman AC, Moore DA, Wenz JR, Vanegas J. 2013. Comparison of modeled sampling strategies for estimation of dairy herd lameness prevalence and cow-level variables associated with lameness. *J. Dairy. Sci.* 96(9):5746-5755. DOI: 10.3168/jds.2013-6891.
- Huxley JN. 2012. Lameness in cattle: An ongoing concern. *Vet. J.* 193(3):610-611. DOI: 10.1016/j.tvjl.2012.06.039. Epub 2012 Aug 4.
- Kujala M, Dohoo IR, Laakso M, Schnier C, Soveri T. 2009. Sole ulcers in Finnish dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 89:227-236. DOI:10.1016/j.prevetmed.2009.02.007. Epub 2009 Mar 18.
- Kujala M, Dohoo IR, Soveri T. 2010. White-lin disease and hemorrhages in hooves of Finnish dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* (94):18-27. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2009.12.006. Epub 2010 Feb 8.
- Norrung M, Häggman J, Simojoki H, Tamminen P, Winckler C, Pastell M. 2014. Short communication: Lameness impairs feeding behavior of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 97:1-5. DOI: 10.3168/jds.2013-7512. Epub 2014 May 2.
- Perusia O. 2001. Patologías pódales del bovino. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 12(2):65-77. DOI:org/10.3168/jds.2014-8863.
- Randall LV, Green MJ, Chagunda M, Mason C, Archer C, Green L, Huxley J. 2015. Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. *J. Dairy. Sci.* 98(6):3766-3777. DOI: org/10.3168/jds.2014-8863
- Risco CA. 2009. Manejo estratégico Durante el Periodo de Transición en para Optimizar la Producción y el Comportamiento Reproductivo Ganado Lechero. *Rev. Med. Vet. Zoot.* (56):228-240. DOI: 10.3168/jds.2015-9652. Epub 2015 Aug 5.
- Sarjokari K, Kaustell KO, Hurme T, Kivinen T, Peltoniemi O, Saloniemi H, Rajala-Schultz P. 2013. Prevalence and risk factors for lameness in insulated free stall barns in Finland. *Livest. Sci.* 156:44-52. DOI:10.1016/livsci.2013.06.010

- Solano L, Barkema HW, Pajor EA, Mason C, Le Blanc J, Zaffinoo H, Nash C, Haley D, Vasseur E, Pelлерин D, Rushen JJ, De Passille A, Orsel Y. 2015. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. *J. Dairy. Sci.* 98(10):6978-6991. DOI: 10.3168/jds.2015-9652. Epub 2015 Aug 5.
- Solano M, Vargas-Leiton B, Saborio A. 2018. Factores genéticos y ambientales que inciden en lesiones podales del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 97(1):123-140. DOI: 10.15517/ma.v29i1.28027.
- Tadich N, Hertich E, Van Schaik G. 2005. Prevalencia de cojeras en vacas de 50 rebaños lecheros del sur de Chile. *Arch Med Vet.* 37(1):29-36. DOI: org/10467/so301-732x2005000100005.
- Wolfová M, Štípková M, Wolf J. 2006. Incidence and economics of clinical mastitis in five Holstein herds in the Czech Republic. *Prev. Vet. Med.* 77(2):48-64. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2006.06.002

Forma de citación del artículo

Arrieta LM, Cruz JM, González-Herrera LG. 2021. Enfermedad podal en bovinos: prevalencia y asociación con algunas variables. *Rev Med Vet Zoot.* 68(1): 66-74. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n1.97257>

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES Y CONSIDERACIONES ÉTICAS

Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

La *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* publica reportes de caso y artículos científicos, de revisión y de opinión de todas las áreas de la medicina veterinaria y la zootecnia. Para el envío de artículos a consideración del comité editorial de la revista es indispensable cumplir con los siguientes requisitos:

1. Los artículos deben ser inéditos y no deben haber sido publicados o sometidos a consideración en otras revistas o publicaciones técnico-científicas (excepto cuando hayan sido publicados como tesis de grado o como resumen en un congreso). Enviar simultáneamente un mismo artículo a consideración de dos o más revistas es una falta grave a la ética académica.
2. Los autores transfieren los derechos de publicación a la revista, tanto en su versión impresa como en línea, incluyendo esta última las diferentes bases de datos en las que se encuentre indexada la revista.
3. La publicación del artículo debe haber sido aprobada por todos los coautores (si los hubiese) y por las autoridades responsables de la institución donde se llevó a cabo la investigación.
4. El documento debe cumplir a cabalidad con las instrucciones para autores establecidas por el comité editorial descritas en el presente documento, que pueden también ser consultadas en la página de Internet <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. Los artículos que no se ajusten a estas pautas serán devueltos los autores sin haber sido considerados para evaluación.

Los artículos que sean aceptados para evaluación serán enviados a un mínimo de dos pares académicos reconocidos para su evaluación. En caso de una decisión dividida por parte de los evaluadores, será el editor o el comité editorial en pleno quien determine la inclusión o el rechazo del documento. Si los artículos son aceptados para publicación, los autores deberán corregirlos de acuerdo con las observaciones de los pares y el comité editorial dentro del tiempo otorgado para ello. Las observaciones que no sean aceptadas por los autores deberán contar con un sustento apropiado que será evaluado por el editor correspondiente. El editor y el comité editorial se reservan el derecho de rechazar o aceptar los materiales enviados para su publicación.

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 cuatro partes esenciales: introducción, metodología (materiales y métodos), resultados y discusión (presentados en secciones individuales o en una sola) 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.
- **Artículo de revisión:** revisión crítica de un tema específico desde una perspectiva analítica, interpretativa y crítica del autor, que recurre siempre a fuentes originales. Se recomienda solo para autores con experiencia investigativa demostrada en el tema. Idealmente una revisión debe presentar un resumen crítico de las investigaciones hasta ahora realizadas y proponer nuevos temas por investigar.
- **Ensayo científico:** reflexiones críticas de un autor que presenta su visión y juicio sobre un tema científico.

REMISIÓN DE MANUSCRITOS

Las contribuciones pueden ser enviadas en español, inglés o portugués, a los correos rev_fmvzbog@unal.edu.co o revistafmvzun@gmail.com junto a los formatos de Información Personal (uno por autor) y de Autorización de Publicación, que deberá ser firmado por todos los autores. Los formatos podrán ser descargados en el siguiente enlace: http://bit.ly/formatos_revista.

Formato

El texto del artículo debe enviarse en MS-Word®, sin incluir tablas ni figuras, las cuales deben presentarse en archivos separados. Se recomienda que el texto no tenga más de 25 páginas en tamaño carta, 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 insertadas 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.

Título y autores

El título del artículo se debe presentar en español (o portugués) e inglés, en negrita y centrado. Si incluye nombres científicos se deberá usar la nomenclatura indicada anteriormente (sistema binomial). 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 incluyendo la dirección, ciudad y país, y la dirección de correo electrónico del autor para correspondencia.

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 FAO, el cual abarca terminología de la agricultura, silvicultura, pesca, medioambiente y temas afines (<http://aims.fao.org/website/Search/sub>) o los Descriptores en Ciencias de la Salud (<http://decs.bvs.br/E/homepage.htm> y <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=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 datos 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.

Resultados

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.

Discusión

La discusión debe ser una síntesis de la confrontación de los datos obtenidos en el estudio con respecto a la literatura científica relevante que además interprete las similitudes o los contrastes encontrados. Se enfocará hacia la interpretación de los hallazgos experimentales y no repetirá los datos presentados en la introducción ni la información suministrada en los resultados. Las secciones correspondientes a resultados y discusión pueden combinarse en una sola.

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.

Agradecimientos

Si se considera necesario, se agradecen contribuciones importantes en cuanto a la concepción, financiación o realización de la investigación: financiadores, especialistas, firmas comerciales, entidades oficiales o privadas, asociaciones de profesionales y operarios de campo y laboratorio.

Tablas

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

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: ▲, ■, ●, ♦, ♠, ○, □, Δ.
- 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.

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 *Commission on Biochemical Nomenclature*.

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: Wagner (1982) encontró que el agua es vida, mientras que Vivaldi y Pergolessi (1988) afirman lo contrario; los investigadores Magendie *et al.* (1845) descubrieron que los perros tienen cuatro patas.

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.

Las contribuciones que no cumplen 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 Pharmaceutical 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. Doi: 10.1080/03079457.2010.510500.

- Nota: se deben anotar las iniciales de todos nombres que tengan los autores. Los nombres de las revistas se deben registrar en su forma abreviada; para consultar el nombre abreviado de las revistas sugerimos consultar el ISI Journal Title Abbreviations: <http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/>
- **Artículo de revista publicada únicamente en forma electrónica**
Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA super-coiling 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>
- Otras fuentes de información**
- **Memorias de eventos**
Cheeke PR. 2010. Agricultural and pharmaceutical applications of Chilean soapbark tree (*Quillaja saponaria*) saponins. In: 8th International Symposium on Poisonous Plants; 2009 mayo 4-8, João Pessoa, Paraíba, Brazil, p. 38.
 - **Tesis**
Murcia HW. 2010. Identificación funcional de citocromos involucrados en la biotransformación *in vitro* de aflatoxina B1 por medio de sustratos modelo e inhibidores específicos en cuatro especies de aves. [Tesis de maestría]. [Bogotá, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.

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. Las abreviaturas más usadas en esta revista son las siguientes:

km	kilómetro	µM	micromolar
m	metro	N	normal
cm	centímetro	ppm	partes por millón (1×10^{-6})
mm	milímetro	ppb	partes por billón (1×10^{-9})
µm	micrómetro	cpm	cuentas
nm	nanómetro	dpm	desintegraciones
kg	kilograno	s	por minuto
g	gramo	min	por minuto
mg	miligramo	h	hora
µg	microgramo	SC	subcutáneo
ng	nanogramo	Im.	intramuscular
l	litro	IP	intraperitoneal
ml	mililitro	iv.	intravenoso
µl	microlitro		
m	mol		
M	molar		
µM	milimolar		

- Entre el valor numérico y el símbolo debe ir un espacio: 35 g (no 35g), p > 12 (no p>12); excepto para los signos: °C, %, +, - (estos dos últimos cuando indican positivo y negativo). Ejemplos: 99%, +45, -37.
- En una serie de medidas, el símbolo va al final: hileras a 3, 6 y 9 m, o 14, 16 y 18%.
- La barra oblicua (/) es un signo lingüístico que en alguno de sus usos significa "por": tres perros/perrera, 4 tabletas/día, 2 l/matera, 10 frutos/rama. Uno de sus usos no lingüísticos es expresar los cocientes de magnitudes y unidades de medida: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.
- Uno de los usos no lingüísticos del punto (.) es indicar la multiplicación de dos cantidades, caso en que se coloca separado de estas y a media altura: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.
- El punto (.) se usa para separar los miles y la coma (,) se usa para separar decimales.
- Las unidades que se basan en nombres se usan en minúsculas: un siemens (con algunas excepciones como cuando el símbolo se deriva de un nombre propio: °C, grados Celsius).

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Autoría. Se considera autor a todo aquel que haya realizado una contribución directa y sustancial al contenido del manuscrito. Esta contribución debe incluir su participación en aspectos tales como la concepción del ensayo y del diseño experimental, la obtención de los datos crudos, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados, la aplicación del modelo estadístico apropiado, la redacción del manuscrito y la investigación bibliográfica asociada. Cada autor deberá estar en capacidad de explicar su participación directa en la publicación y de sustentar el contenido de la misma ante el Comité Editorial en caso de ser requerido. La inclusión de autores honorarios (contribución autoral impropia) se considera un comportamiento no ético.

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.

Conflictos de intereses. 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.

Reconocimientos. Se deben describir los tipos de apoyo recibido tales como financiación, patrocinios, becas o suministro de equipos, entre otros.

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.

INSTRUCTIONS 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 case reports as well as original, review, and opinion articles in all areas of veterinary medicine and animal science. For article 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.
4. The submission must comply with all requirements described in the present document which can also be downloaded from the journal web site: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/revmevez/index>. Submissions that do not comply with these requirements will be returned to the authors without consideration for evaluation.

Submissions accepted for evaluation will be sent to a minimum of two peer reviewers. In case of lack of consensus among the reviewers, the editor or editorial committee decides whether the contribution is accepted or not. When articles are accepted for publication the authors should revise them according to the peer's observations within the timeframe given. Observations not taken into consideration shall be appropriately supported and will be evaluated by the corresponding editor. The editor and editorial committee reserve the right to accept or reject the contributions submitted.

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 four essential parts: 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.
- Review articles: critical review of a specific topic. This type of contribution is recommended only for authors with proved research experience in the topic. It should present not only a critical review of the state of the art of the topic but also a proposal of new areas to be investigated.
- **Opinion article:** critical thoughts about a specific scientific topic.

ARTICLE SUBMISSION

Contributions may be submitted in Spanish, English or Portuguese through the e-mail address rev_fmvzbg@unal.edu.co or revistafmvzun@gmail.com along with the Personal Information (one per author) and Authorization of Publication formats, which must be signed by all authors. The formats can be downloaded at the following link: http://bit.ly/formatos_revista

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 not 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 or MS-Excel®). All tables and figures must be mentioned in the text.

Title and authors

The article 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. The name of the authors must be written under the title as follows: given name initials (with periods) followed by the last name with no academic titles. Each author is separated from 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.

Summary and key words

Articles shall include a summary in English and another in Spanish which must contain up to 250 words. The summary 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 FAO (<http://aims.fao.org/website/Search/sub>) and DeCS (<http://decs.bvs.br/E/homepage.htm> and <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=mesh>). These tools help select appropriate key words so that the article is more visible on the Internet.

Introduction

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

Materials and methods

This section must describe in clear, concise and logical form both the materials (animals, laboratory equipment, etc.) used as well as the detailed description of the techniques or protocols followed. This information given shall allow another research to be able to perform the same experiment(s) in detail. This section shall also describe the statistical treatment of the data and shall not include results or discussion of the results.

Results

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.

Discussion

This section 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.

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.

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.

Figures

- Figures must be black and white with grayscale to show variations. The following symbols can be used for graphs: \blacktriangle , \blacksquare , \bullet , \blacklozenge , \circ , \square , Δ .
- 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.

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*.

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 Pergolessi (1988) do not agree; the researchers Magendie *et al.* (1845) discovered that dogs have four legs. 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.

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

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 Pharmaceutical Basis of Therapeutics*. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.
- **Book chapter**
Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. In: Leeson S, Summers JD editores. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.
- **E-Book**
Rollin, BE. 1998. The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science [Internet]. Ames(IA): Iowa State University Press; [Citado 2008 agosto 9]. Disponible en: <http://www.netlibrary.com>.
- **Journal article**
Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathology* 39:405-409. Doi: 10.1080/03079457.2010.510500.
Please note that the initials of all author's given names must be included. For journal title abbreviations: <http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISIabbr/>
- **Journal article published only online**
Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA super-coiling 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>.

Other

- **Congress/Symposium abstracts or chapters**
Cheeke PR. 2010. Agricultural and pharmaceutical applications of Chilean soapbark tree (*Quillaja saponaria*) saponins. In: 8th International Symposium on Poisonous Plants; 2009 mayo 4-8, João Pessoa, Paraíba, Brazil, p. 38.
- **Thesis:**
Murcia HW. 2010. Identificación funcional de citocromos involucrados en la biotransformación in vitro de aflatoxina B1 por medio de sustratos modelo e inhibidores específicos en cuatro especies de aves. [Tesis de maestría]. [Bogotá, Colombia]Universidad Nacional de Colombia.

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. The abbreviations must commonly used in this journal are:

km	kilometer	μM	micromolar
m	meter	N	normal
cm	centimeter	ppm	parts per million (1 x 10-6)
mm	millimeter	ppb	parts per billion (1 x 10-9)
μm	micrometer	cpm	counts per minute
nm	nanometer	dpm	disintegrations per minute
kg	kilogram	s	seconds
g	gram	min	minutes
mg	milligram	h	hour
μg	microgram	SC	subcutaneous
ng	nanogram	Im.	intramuscular
l	liter	IP	intraperitoneal
ml	milliliter	iv.	intravenous
μl	microliter		
m	mol		
M	molar		
mM	millimolar		

- 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 non 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 non 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 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.

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.

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.

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.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e de Zootecnia

A *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e de Zootecnia* publica relatos de casos clínicos e artigos científicos, de revisão e de opinião de todas as áreas da medicina veterinária e da zootecnia. Para o envio de artigos a consideração do comitê editorial da revista é indispensável preencher os seguintes requisitos:

1. Os artigos devem ser inéditos e não ter sido publicados ou submetidos a consideração a quaisquer revistas técnico-científicas (exceto quando tenham sido publicados como dissertações ou teses de pós-graduação ou como resumos de congressos). Enviar simultaneamente o mesmo artigo a consideração a uma ou mais 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 encontre indexada a revista.
3. A publicação do artigo deve ter sido aprovada por todos os co-autores (se houver) e pelas autoridades responsáveis da instituição onde foi realizada a pesquisa.
4. O documento deve preencher totalmente as instruções para autores estabelecidas pelo comitê editorial descritas no presente documento, que podem também ser consultadas na página de internet <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index>. Os artigos que não se ajustem a estas instruções serão devolvidos aos autores sem serem considerados para avaliação.

Os artigos que forem aceitos para avaliação serão enviados a um mínimo de dois pares acadêmicos reconhecidos para sua avaliação. Em caso de decisão dividida por parte dos avaliadores, será o editor ou o comitê editorial quem determine a inclusão ou rejeição do documento. Se os artigos forem aceitos para publicação, os autores deverão corrigi-los conforme às observações dos pares e o comitê editorial no tempo concedido. As observações não aceitas pelos autores deverão contar com sustentação apropriada que será avaliada pelo editor correspondente. O editor e o comitê editorial se reservam o direito de rejeitar ou aceitar os materiais enviados para sua publicação.

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 de quatro partes essenciais: 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.
- **Artigo de revisão:** revisão crítica de um tema específico desde uma perspectiva analítica, interpretativa e crítica do autor, que recorre sempre a fontes originais. Recomenda-se apenas para autores com experiência investigativa demonstrada no tema. Idealmente uma revisão deve apresentar um resumo crítico das pesquisas até hoje realizadas e propor novos temas por pesquisar.
- **Ensaio científico:** reflexões críticas de um autor que apresenta sua visão e juízo sobre um tema científico.

ENVIO DE MANUSCRITOS

As contribuições podem ser enviadas em espanhol, inglês ou português, ao correio eletrônico: rev_fmvbzog@unal.edu.co ou revistafmvzun@gmail.com com o formato de Informações Pessoais (um por autor) e Autorização de lançamento, que deve ser

assinada por todos os autores. Os formulários podem ser baixados no seguinte link: http://bit.ly/formatos_revista

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, 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 árabicos, 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.

Título e autores

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

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 FAO, o qual abrange terminologia da agricultura, silvicultura, pesca, meio-ambiente e temas afins (<http://aims.fao.org/webservices/Search/sub/>). Esta ferramenta permite 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 subtitulos e não deve incluir nenhum resultado nem discussão dos achados.

Resultados

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 subtitulos e não deve discutir os dados apresentados.

Discussão

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 repetir os dados apresentados na introdução nem a informação apresentada nos resultados. As seções correspondentes a resultados e discussão podem combinar-se em uma só.

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.

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 operários de campo e de laboratório.

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.

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: ▲, ■, ●, ♦, ♪, ○, □, Δ
- 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.

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.

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 (): (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: Wagner (1982) encontrou que a água é vida, enquanto que Vivaldi e Pergolessi (1988) afirmam o contrário; os pesquisadores Magendie *et al.* (1845) descobriram que os cães têm quatro patas. 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.

As contribuições que não preencham as normas de estilo bibliográfico serão devolvidas sem serem consideradas para avaliação.

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 Pharmaceutical 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.

Notas devem ser registradas as iniciais de todos os nomes dos autores. Pará abreviaturas nome revistas: <http://www.frm.leeds.ac.uk/~mark/ISlabbr/>

Artigo de revista 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>

• **Outras fontes de informação**

Anais de eventos:

Cheeke PR. 2010. Agricultural and pharmaceutical applications of Chilean soapbark tree (*Quillaja saponaria*) saponins. In: 8th International Symposium on Poisonous Plants; 2009 maio 4-8, João Pessoa, Paraíba, Brasil, p. 38.

• **Teses ou dissertações:**

Murcia HW. 2010. Identificación funcional de citocromos involucrados en la biotransformación *in vitro* de aflatoxina B1 por medio de sustratos modelo e inhibidores específicos en cuatro especies de aves. [Tese de mestrado]. [Bogotá, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.

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. As abreviaturas mais usadas nesta revista são as seguintes:

km quilômetro
m metro

cm	centímetro	ppm	partes por milhão (1×10^{-6})
mm	milímetro	ppb	partes por bilhão (1×10^{-9})
µm	micrômetro	cpm	contas por minuto
nm	nanômetro	dpm	desintegrações
kg	quilograma	por	minutos
g	grama	s	segundos
mg	miligrama	min	minutos
µg	micrograma	h	hora
ng	nanograma	SC	subcutâneo
l	litro	Im.	intramuscular
ml	mililitro	IP	intraperitoneal
µl	microlitro	iv.	intravenoso
m	mol		
M	molar		
mM	milimolar		
µM	micromolar		
N	normal		

- Entre o valor numérico e o símbolo deve ir um espaço:

35 g (não 35g), p > 12 (não p>12); exceto para os sinais: %, +, - (os dois últimos quando indicam positivo e negativo). Exemplos: 99%, +45, -37.

- Em uma série de medidas, o símbolo vai ao final: fileiras a 3, 6 e 9 m, ou 14, 16 e 18%.
- A barra oblíqua (/) é um sinal linguístico que entre seus usos significa “por”: três cães/gaiola, 4 pastilhas/dia, 2 l/recipiente, 10 frutos/galho. Um dos seus usos não linguísticos é expressar os quocientes de magnitudes e unidades de medida: 80 km/h, 10 ml/min, 10°C/h.
- Um dos usos não linguísticos do ponto (.) é indicar a multiplicação de duas quantidades, caso no qual se coloca separado delas e a meia altura: $6 \cdot 3 = 18$; $2 \cdot (x + y) = 30$.
- O ponto (.) se usa para separar os milhares e a vírgula (,) se usa para separar decimais.
- As unidades baseadas em nomes se usam em minúsculas: um siemens (com algumas exceções como quando o símbolo deriva de um nome próprio: °C, graus Celsius).

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Autoria. Considera-se autor àquela pessoa que tenha realizado uma contribuição direta e substancial no conteúdo do manuscrito. Esta contribuição deve incluir sua participação em aspectos como a concepção do ensaio e do desenho experimental, a obtenção dos dados de campo, a análise dos dados e a interpretação dos resultados, a aplicação do modelo estatístico apropriado, a redação do manuscrito e a pesquisa bibliográfica associada. 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 inclusão de autores honorários (contribuição autoral imprópria) é considerado um comportamento não ético.

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

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

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

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

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



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

© Universidad Nacional de Colombia, 2021