





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



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Artículos de Investigación, Reportes de Caso y Revisión

**Volumen 67 nro. 1, enero - abril de 2020**

© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA**

Vol. 67 nro. 1, enero - abril 2020

ISSN: 0120-2952 (edición impresa)

ISSN: 2357-3813 (edición en línea)

DOI: 10.15446/rfmvz (CrossRef)

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

Correo electrónico: [rev\\_fmzbog@unal.edu.co](mailto:rev_fmzbog@unal.edu.co)

Teléfono 3165000 Ext. 15403 y 15331

Bogotá, D. C., Colombia

**DECANO**

Luis Gabriel Quintero Pinto

**VICEDECANO**

Jesús Alfredo Cortés Vecino

**DIRECTOR DE BIENESTAR**

Gregorio Piñeros Gómez

**DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE SALUD ANIMAL**

Harvey Lozano Márquez

**DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

Miguel Ángel Landines Parra

**DIRECTORA DE PROGRAMAS DE POSGRADO**

Lucía Botero Espinosa

**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN**

Gonzalo Jair Díaz González

**REPRESENTANTE DE LOS PROFESORES**

Gonzalo Téllez Iregui

**SECRETARIO ACADÉMICO**

Oscar David Turmequé Hernández

**DIRECTOR EDITORIAL**

Gonzalo Jair Díaz González, M. V., Ph. D.

**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

**COORDINADOR EDITORIAL**

Rodrigo Orlando Pinzón Caballero, I. A.

**MAQUETACIÓN**

Juan Carlos Villamil Navarro, D. G.

**IMPRESIÓN**

DGP Editores SAS., Bogotá D.C.

Vinculación al Índice Bibliográfico Nacional  
Publindex (Colciencias): categoría B  
(Convocatoria Nro. 830 de 2018).



COLCIENCIAS  
COLOMBIA

**Publindex**  
Indexación - Homologación



THOMSON REUTERS®

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



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

**SciELO**

[www.scielo.org](http://www.scielo.org)



[www.cabdirect.org](http://www.cabdirect.org)

**DOAJ** DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

[www.doaj.org](http://www.doaj.org)



[www.latindex.unam.mx/index.html](http://www.latindex.unam.mx/index.html)

**e-revist@s**

(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

### Artículos de Investigación

#### **Salud animal**

Prevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana

[Prevalence of bovine infectious rhinotracheitis virus in Caquetá department, Colombian Amazon]

*A. L. Muñoz, P. A. Motta-Delgado, W. Herrera, R. Polania, L. C. Cháves* \_\_\_\_\_ 9

Prevalencia y hallazgos radiográficos en conejos, cuyos y chinchillas diagnosticados con maloclusión en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la UNAM, México

[Prevalence and radiographic findings in rabbits, guinea pigs and chinchillas diagnosed with malocclusion at the UNAM Exotic Pet and Wildlife Teaching Hospital, Mexico]

*M. C. García, R. I. Maldonado* \_\_\_\_\_ 17

Efecto de gas de formalina sobre el recuento de mesófilos en nailon comercial destinado a procedimientos quirúrgicos

[Effect of formaline gas on the counting of mesophiles in commercial nylon destined to surgical procedures]

*R. González, J. L. Arguello, C. E. Britez, M. J. Caballero, Y. J. Bazán, E. I. Maldonado, J. D. Méndez* \_\_\_\_\_ 33

#### **Producción animal**

Long term beef production in extensive cow-calf systems in the tropical savannas of eastern Colombia

[Producción continua de carne en sistemas extensivos de cría en las sabanas tropicales del oriente de Colombia]

*R. R. Vera-Infanzón, C. A. Ramírez-Restrepo* \_\_\_\_\_ 42

Calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas ubicadas en el sector Vuelta Larga, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela)  
 [Hygienic-sanitary quality of two milking systems in bovine farms located in sector Vuelta Larga, Maturín municipal state, Monagas state (Venezuela)]  
*B. Guevara, M. C. Rivas, R. Silva-Acuña* \_\_\_\_\_ 60

Predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks due to soil management factors of *Brachiaria decumbens* pastures using Tier 2 IPCC Methodology  
 [Predicción de emisiones y sumideros de CO<sub>2</sub> del suelo debido a factores de manejo del suelo de *Brachiaria decumbens* usando Tier 2 metodología IPCC]  
*A. Silva-Parra, J. Mora-Delgado, L. M. Barrera-Rojas* \_\_\_\_\_ 72

Instrucciones para los autores y consideraciones éticas \_\_\_\_\_ 88

Instructions for authors and ethical considerations \_\_\_\_\_ 91

Instruções aos autores e considerações éticas \_\_\_\_\_ 94

**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:

- Categoría C del Índice Bibliográfico Nacional - Publindex (Colciencias)  
vigencia: septiembre 15 de 2019
- 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-Access se pueden consultar y bajar en:  
[www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/index](http://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 del área de mayor antigüedad. Desde su creación su objetivo ha sido el de ofrecer un medio escrito de expresión para toda la comunidad académica interna y externa, en el cual exponer sus ideas, resultados de investigación, ensayos etc., relacionados con el quehacer científico en el área de las Ciencias Animales y otras afines. Su filosofía ha sido la de tener un carácter abierto, decididamente transparente y democrático, no solo en la participación de los articulistas sino en los procedimientos internos de gestión. La Revista busca cumplir con sus objetivos de divulgar los trabajos de investigación, documentos críticos y de revisión técnico científica, permitiendo la difusión del conocimiento entre profesionales de las áreas pecuarias; siempre en la búsqueda de información pertinente y actualizada de temas relacionados con el sector y propendiendo por obtener reconocimiento con la comunidad en general, editando una revista que permita la interacción de la academia con el medio.

**Periodicidad:** cuatrimestral

### Arbitraje:

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





## Prevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana

A. L. Muñoz<sup>1</sup>, P. A. Motta-Delgado<sup>1\*</sup>, W. Herrera<sup>1</sup>, R. Polania<sup>1</sup>, L. C. Chaves<sup>2</sup>

Artículo recibido: 19 de septiembre de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020

### RESUMEN

La rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) es una enfermedad ampliamente difundida en el mundo con gran repercusión socio-económica en las ganaderías bovinas. El objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de IBR en 100 hatos del departamento del Caquetá, para lo cual, se muestrearon 960 bovinos mayores de 36 meses entre enero y marzo de 2016 en predios seleccionados a partir de los criterios: a) tamaño (50-180 hectáreas), b) con más de 10 vacas en ordeño, c) disponibilidad de los productores para cooperar y d) accesibilidad de las vías. Las muestras de suero sanguíneo se remitieron al Laboratorio de Diagnóstico Clínico Veterinario del ICA y se analizaron a través la prueba Elisa de bloqueo (BHV-1) gB. Los sueros con porcentaje de bloqueo superior al 55% se consideraron positivos a anticuerpos para IBR. Se encontró alta seroprevalencia (73,13%), mayor además en machos que en hembras ( $p < 0,05$ ). A nivel municipal la seroprevalencia fue mayor en los municipios de El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán y se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los nueve municipios analizados. A nivel de hatos, la prevalencia fue del 99%. En conclusión, la prevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) en bovinos de doble propósito del departamento del Caquetá fue muy alta.

**Palabras clave:** ELISA, metapneumovirus, virus herpes bovino-1.

## Prevalence of bovine infectious rhinotracheitis virus in Caquetá department, Colombian Amazon

### ABSTRACT

Infectious bovine rhinotracheitis (IBR) is a disease widely spread throughout the world with great socio-economic impact on bovine livestock. The objective of this study was to determine the prevalence of IBR in 100 herds in Caquetá department, for which 960 cattle older than 36 months between January and March 2016 were sampled in farms selected from the criteria: a) size (50-180 hectares), b) with more than 10 cows in milking, c) availability of producers to cooperate and d) accessibility of roads. Blood serum samples were sent to the ICA veterinary clinical diagnostic laboratory and analyzed using the Elisa blocking test (BHV-1) gB, where sera with blocking percentage greater than 55% were considered as positive for IBR antibodies. High seroprevalence was found (73.13%),

<sup>1</sup> Misión Verde Amazonia, Corporación para el Desarrollo Sostenible y Mitigación del Cambio Climático. Florencia, Caquetá (Colombia).

<sup>2</sup> Grupo BYDA Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá (Colombia).

\* Autor para correspondencia: [pmotta@misionverdeamazonia.org](mailto:pmotta@misionverdeamazonia.org)

being higher in males than in females ( $p < 0.05$ ). At municipal level, seroprevalence was greater in El Doncello, Puerto Rico and San Vicente del Caguán municipalities, significant difference ( $p < 0.05$ ) was found between the nine municipalities analyzed. At herd level prevalence was of 99%. In conclusion the prevalence of Infectious Bovine Rhinotracheitis (IBR) virus in dual-purpose cattle of Caquetá department was very high.

**Key words:** ELISA, metapneumovirus, bovine herpes virus-1.

## INTRODUCCIÓN

La rinotraqueitis infecciosa bovina, IBR por sus siglas en inglés, es una enfermedad de distribución mundial producida por el virus herpes bovino tipo 1 (VHB-1), perteneciente a la familia *Herpesviridae*, subfamilia *Alphaherpesviridae* (Ackermann y Engels 2006). Es una enfermedad viral con alto impacto sobre la salud y productividad del ganado que afecta principalmente el tracto respiratorio y reproductivo (Raaperi *et al.* 2014; Muratore *et al.* 2017; Sayers 2017). Tiene gran impacto económico en los hatos a nivel mundial causando muchos síndromes clínicos en el ganado (Chase *et al.* 2017). Esta enfermedad fue catalogada en la lista de la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal) en 2016 debido a su importancia en términos socio-económicos, de salud pública y de comercio internacional de animales y productos animales (Newcomer *et al.* 2017).

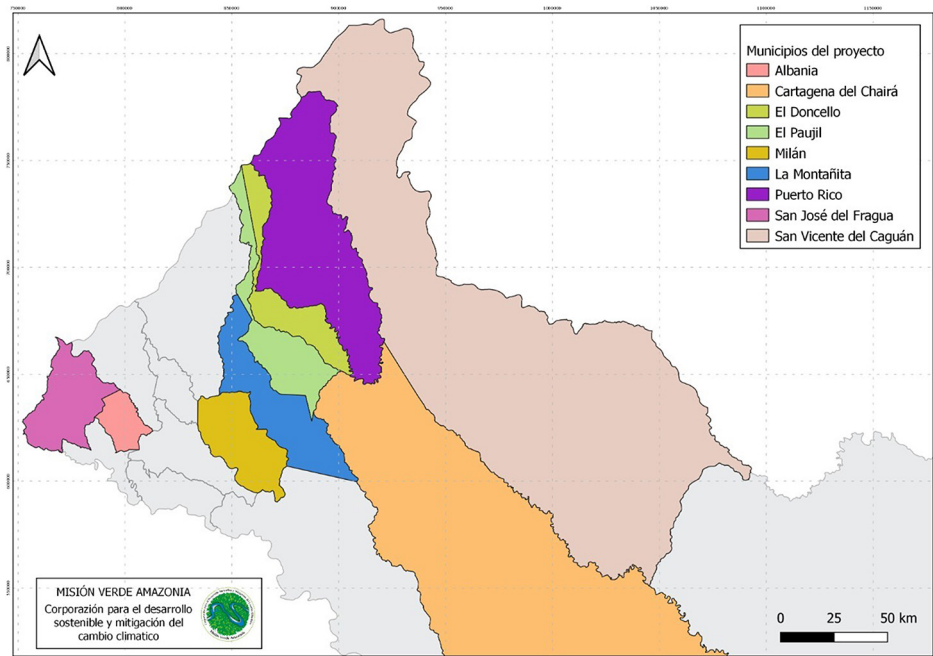
El virus se transmite a través de secreciones respiratorias, oculares, venéreas o por medio de equipos y personas e ingresa por las mucosas respiratorias o genitales (Chase *et al.* 2017). Luego de la infección primaria, el VHB-1 se replica en las membranas mucosas del tracto respiratorio o genital (Muratore *et al.* 2017). Algunos serotipos del herpesvirus bovino se asocian con la enfermedad respiratoria, complicación más común y severa (Sánchez *et al.* 2003); sin embargo, los síndromes clínicos de la enfermedad

incluyen infección pustular, vulvovaginitis, balanopostitis, abortos, conjuntivitis y encefalitis (Raaperi *et al.* 2014).

Según Ruiz-Sáenz *et al.* (2010) el VHB-1, causante de la IBR, podría ser uno de los mayores generadores de pérdidas económicas en la producción ganadera en Colombia. En el departamento del Caquetá son escasos los datos sobre el VHB (Motta *et al.* 2013), por lo que son necesarios estudios exhaustivos en la región para determinar la seropositividad e impacto de la IBR en el desempeño reproductivo de los animales y la economía regional y establecer así programas eficaces de control (Motta *et al.* 2012). Por esta razón, el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de la rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) en hatos de doble propósito del departamento del Caquetá, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal en nueve de los dieciséis municipios del departamento de Caquetá, localizado al sur de Colombia entre  $00^{\circ}42'17''$  de latitud sur y  $02^{\circ}04'13''$  de latitud norte, y a  $74^{\circ}18'39''$  y  $79^{\circ}19'35''$  de longitud al oeste de Greenwich (Motta-Delgado *et al.* 2019). El Caquetá tiene una extensión de 88.965 km<sup>2</sup>. Los municipios involucrados en el estudio fueron Albania, San José del Fragua, La Montañita, Milán, El Paujil, El Doncello, Cartagena del Chairá, Puerto Rico y San Vicente del Caguán (Figura 1).



**FIGURA 1.** Ubicación geográfica del área de estudio para determinación de la prevalencia de IBR en el departamento del Caquetá, Colombia.

**Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra se determinó con base en las cifras del censo agrícola de la Secretaría de Agricultura departamental del año 2016, en el que se reportaron 374.317 hembras mayores de 36 meses, distribuidas en 11.128 hatos de los nueve municipios. El tamaño de la muestra se calculó a partir de las cifras reportadas usando la ecuación:

$$n = \frac{(N \times Z^2 \times p \times q)}{[d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q]}$$

n= tamaño de la muestra; N= tamaño de la población (374.317 hembras bovinas); Z = nivel del confianza (p < 0,05); p= probabilidad de éxito (0,5); q = probabilidad de falla (0,5), y d= precisión (máximo permitido en términos de error

de relación) (3,3%). De esta manera se estimó un tamaño mínimo de muestra de 880 hembras de más de 36 meses de edad.

Para la estimación del tamaño de la muestra de hatos doble propósito, se aplicó la anterior ecuación con los supuestos: N = tamaño de la población (11.128 hatos); Z = nivel de confianza (p < 0,05); p= probabilidad de éxito (0,5); q = probabilidad de falla (0,5), y d = precisión (máximo permitido en términos de error de relación) (10%), por lo que se estimó un tamaño de muestra mínimo de 95 hatos de doble propósito.

**Selección de hatos**

La selección de los hatos se realizó teniendo en cuenta la base de datos del proyecto “Implementación y validación de modelos

alternativos de producción ganadera en el departamento del Caquetá” y utilizando los criterios propuestos por Yamamoto *et al.* (2007), que para esta investigación se modificaron así: a) el tamaño de la finca (50-180 hectáreas); b) las granjas con más de 10 vacas en ordeño (de más de 36 meses); c) la disponibilidad para cooperar, y d) vías de fácil acceso.

### Aspectos éticos

Las muestras fueron tomadas por profesionales veterinarios y respaldadas por la entidad de inspección autorizada por el Instituto Colombiano de Agricultura (ICA), según las normas éticas, técnicas, científicas y administrativas de la investigación con animales, de acuerdo con la ley 84 de 1989 de Colombia. A lo largo de la investigación, la información sobre las fincas que resultaron ser positivas a IBR se mantuvo confidencial.

### Diagnóstico

Se muestrearon un total de 960 animales mayores de 36 meses entre enero y marzo del 2016 en 100 hatos dedicados a la producción doble propósito, sin antecedentes de vacunación contra enfermedades reproductivas, incluyendo IBR. Las muestras de sangre se obtuvieron mediante punción venosa en la vena coccígea, realizando previa limpieza y desinfección con alcohol etílico al 70% (Nava *et al.* 2011), se depositaron en tubos estériles sin anticoagulante (tapa roja) y se etiquetaron adecuadamente con la identificación del animal, sexo, edad, identificación del hato y fecha de muestreo.

Posteriormente, las muestras de sangre se almacenaron en termos de cinta transportadora a una temperatura de 4-8°C y se enviaron al Laboratorio de Diagnóstico Veterinario del ICA en Florencia-Caquetá,

donde se analizaron a través de la prueba Elisa de bloqueo (BHV-1) gB, kit de prueba IDEXX®. Los animales con porcentajes menores al 45% se consideraron negativos; aquellos con valores ente el 45 y 55%, sospechosos, y aquellos con valores superiores al 55% se consideraron como positivos a anticuerpos para la IBR, de acuerdo con los reportes generados por el ICA.

### Análisis de datos

La información recolectada y suministrada por el Laboratorio de Diagnóstico Clínico Veterinario del ICA se tabuló en hoja de cálculo de Excel® y se analizó mediante estadística descriptiva, utilizando el programa Infostat® versión 2015. Las variables cualitativas ordinales como sexo, calificación positivo, negativo y sospechoso se analizaron mediante tablas de contingencia y estadístico para prueba de hipótesis de independencia chi-cuadrado de Pearson; se realizó ANAVA con la prueba LSD Fisher al 95% de nivel de confianza ( $p < 0,05$ ), como método de comparación múltiple, generando interacción entre el sexo y los resultados a la prueba de IBR.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La seroprevalencia general de la IBR en bovinos del departamento del Caquetá fue de 73,13%; se encontró diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre los resultados a anticuerpos para la IBR (sospechoso, negativo y positivo) y con respecto al sexo ( $p < 0,05$ ). De igual manera, se halló interacción entre el sexo y el resultado a anticuerpos para la IBR ( $p < 0,0001$ ) (Tabla 1) así como asociación entre el resultado a IBR y el sexo mediante chi-cuadrado de Pearson ( $p = 0,0004$ ).

**TABLA 1.** Seroprevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) por sexo y resultado en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana\*.

Resultado a IBR	Sexo	Media (%)	n	EE
Sospechoso	Macho	0,00 a	0	2,28
Sospechoso	Hembra	2,18 ab	19	2,00
Negativo	Macho	7,79 b	6	2,28
Negativo	Hembra	26,54 c	233	2,00
Positivo	Macho	71,28 d	71	2,00
Positivo	Hembra	92,21 e	631	2,28

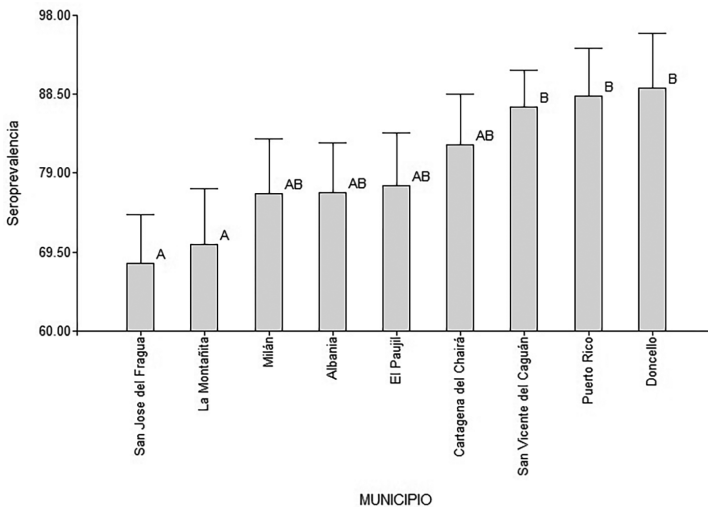
\*Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

A nivel municipal la seroprevalencia de la IBR varió entre 67,56 y 79,62%, con diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre los municipios de San José del Fragua y La Montañita, respecto de San Vicente del Caguán, Puerto Rico y el Doncello. Los demás municipios no pre-

sentaron diferencia estadística significativa ( $p > 0,05$ ) (Figura 2).

Los resultados indican una alta seroprevalencia en los nueve municipios evaluados y considerando que la población bovina mayor a 36 meses reportada por el ICA (2019) asciende a 560.748, se puede inferir que los semovientes potencialmente infectados por la IBR son aproximadamente 410.075. Estos resultados se pueden deber a varios factores, como son: la alta movilidad de animales entre los hatos, a la ausencia de vacunación en los hatos muestreados, la falta de mecanismos para el control de la enfermedad dentro del hato, como el análisis para los animales nuevos que ingresan, así como el uso de toros infectados en programas de monta natural.

La prevalencia más alta del estudio se presentó en los municipios de la zona norte del departamento: San Vicente del Caguán, Puerto Rico, El Doncello y Cartagena del Chairá, donde a su vez



**FIGURA 2.** Seroprevalencia de la IBR por municipio en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana.

se concentra la mayor población bovina (Torrijos y Eslava 2018).

Previamente se había reportado para el departamento del Caquetá seroprevalencias entre el 59,3 y el 90% (Motta *et al.* 2012; Motta *et al.* 2013), que puede atribuirse a una coexistencia del virus con la población, debido a que este permanece latente en los individuos durante toda su vida, permitiendo su reactivación y originando así nuevos ciclos de la enfermedad (Ruiz-Sáenz *et al.* 2010).

El criterio para considerar un hato como positivo al virus es la presencia de al menos un caso positivo para la IBR. En este sentido, la prevalencia de la IBR a nivel de hatos por municipio fue superior al 99% (Tabla 2). Por lo tanto, puede considerarse que todos los animales en los hatos de estos nueve municipios son susceptibles y están expuestos al contagio por este virus, lo cual puede incrementar aún más la tasa de seroprevalencia.

**TABLA 2.** Prevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR) a nivel de hatos por municipio en el departamento del Caquetá, Colombia.

Municipio	Hatos positivos	Total hatos muestreados	Prevalencia/hato
Albania	10	10	100%
Cartagena del Chairá	10	10	100%
El Doncello	9	9	100%
El Paujil	9	9	100%
La Montañita	9	10	90%
Milán	10	10	100%
Puerto Rico	12	12	100%
San José del Fraagua	10	10	100%
San Vicente del Caguán	20	20	100%
<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>99%</b>

Los resultados de prevalencia por hato encontrados en este estudio coinciden con hallazgos de Ruiz-Sáenz *et al.* (2010) en hatos de Antioquia y Valle del Cauca, y a su vez, contrasta con el 42% reportado por Sánchez *et al.* (2012) en México.

El comportamiento enzoótico de la infección con el VHB-1 (Ruiz-Sáenz *et al.* 2010) es evidente en Colombia, puesto que elevadas seroprevalencias de la IBR han sido reportadas en Antioquia (85,51%), Valle del Cauca (69,84%) (Ruiz-Sáenz *et al.* 2010) y Montería (74,6%) (Betancur *et al.* 2006). De acuerdo con Boelaert *et al.* (2000), en Europa se presenta este mismo patrón debido a la alta proporción de animales infectados y al ciclo estable de infección. Por su parte, en Turquía, se reportó el 46,3% de prevalencia de la IBR (Tan *et al.* 2006), el 36% en Perú (Sánchez *et al.* 2003), y en México, el 30,6% en el estado de Hidalgo (Sánchez *et al.* 2012) y el 54,4% en Yucatán (Solis 2003).

La IBR es una patología de gran cuidado y vigilancia en los hatos, puesto que puede causar abortos, afectar los periodos de lactancia y subsecuentemente, los índices productivos y reproductivos, ocasionando notables pérdidas económicas (Ruiz-Sáenz *et al.* 2010; Sayers 2017). En Colombia, la normatividad para la movilización de bovinos no contempla la IBR, por lo que la infección puede diseminarse desde zonas endémicas a libres fácilmente (Montoya *et al.* 2011). En condiciones de estrés el virus puede reactivarse causando infecciones de tipo subclínico (Rivera *et al.* 2004), favoreciendo al mantenimiento y perpetuación del virus en el hato (Montoya *et al.* 2011), convirtiéndose en fuente de infección para otros animales.

Al respecto, Sánchez *et al.* (2012) sugieren un control de manejo que incluya la supervisión en el ingreso de animales;

otros autores sugieren la eliminación de los infectados (Nuotio *et al.* 2007), la adecuada densidad del hato, el seguimiento serológico periódico y la vacunación oportuna (Ruiz-Sáenz *et al.* 2010). Por su parte, Ackermann y Engels (2006) proponen el establecimiento de programas de vacunación para evitar la reactivación del virus.

## CONCLUSIONES

Se encontró alta seroprevalencia de rinotraqueitis infecciosa bovina en bovinos mayores de 36 meses de edad de hatos doble propósito del departamento del Caquetá (Colombia). En ocho de los nueve municipios muestreados la prevalencia por hato fue del 100%, indicando diseminación de la enfermedad en todas las ganaderías del departamento.

## Agradecimientos

A la gobernación del Caquetá como ejecutor de los recursos del del proyecto BPIN 2013000100164, financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) del Sistema General de Regalías, al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) por el análisis de las pruebas en sus laboratorios de diagnóstico clínico veterinario, al igual que al personal de la corporación Misión Verde Amazonia que estuvo vinculada en esta investigación.

## REFERENCIAS

Ackermann M, Engels M. 2006. Pro and contra IBR-eradication. *Vet Microbiology*. 113: 293–302. Doi: [10.1016/j.vetmic.2005.11.043](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.11.043)

Betancur C, Gonzáles M, Reza L. 2006. Seroepidemiología de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el municipio de Montería, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*. 2(11): 830–836. Doi: [10.21897/rmvz.447](https://doi.org/10.21897/rmvz.447).

Boelaert F, Biront P, Soumare B, Dispas M, Vanopdenbosch E, Vermeersch J, Kerkhofs P. 2000. Prevalence of bovine herpesvirus-1 in the Belgian cattle population. *Preventive Vet Med*. 45(3–4): 285–295. Doi: [10.1016/S0167-5877\(00\)00128-8](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(00)00128-8)

Chase C, Fulton R, O'Toole D, Gillette B, Daly R, Perry G, Clement T. 2017. Bovine herpesvirus 1 modified live virus vaccines for cattle reproduction: Balancing protection with undesired effects. *Vet Microbiol*. 206:69–77. Doi: [10.1016/j.vetmic.2017.03.016](https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.03.016)

[ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2019. Tabla de población bovina por municipio y por departamento 2019. En: Censo Pecuario año 2019 [Internet]. Bogotá (CO): ICA; [citado 2020 mar. 9]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>

Montoya LM, Chacón OA, Pedraza FJ. 2011. Estudio seroepidemiológico del Herpesvirus Bovino 1 (BoHV-1) en ganado destinado al sacrificio en la región del Magdalena Medio colombiano. *Vet y Zootecnia*. 5(2): 82–87.

Motta-Delgado P, Rivera-Calderón L, Herrera-Valencia W, Martínez-Tovar R, Londoño-Sánchez M, Rojas-Vargas E, Muñoz-Murcia A, Gutiérrez-Quintero M. 2019. Sero-prevalence of bovine Leukemia virus in cattle from Caquetá state, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA*. 11(2): 722. Doi: [10.24188/recia.v11.n2.2019.722](https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.722).

Motta J, Waltero I, Abeledo M, Fernández O. 2012. Estudio retrospectivo de agentes infecciosos que afectan la reproducción bovina en el departamento del Caquetá, Colombia. *Rev Salud Anim*. 34(3): 159-164.

Motta JL, Waltero I, Abeledo MA. 2013. Prevalencia de anticuerpos al virus de la diarrea viral bovina, Herpesvirus bovino 1 y Herpesvirus bovino 4 en bovinos y búfalos en el Departamento de Caquetá, Colombia. *Rev de Salud Anim*. 35(3): 174–181.

Muratore E, Bertolotti L, Nogarol C, Caruso C, Lucchese L, Iotti B, Rosati S. 2017. Surveillance of infectious bovine rhinotracheitis in marker-vaccinated dairy herds: Applications of a recombinant gE Elisa on bulk milk samples.

- Vet Immunol and Immunopathology. 185: 1-6. Doi: [10.1016/j.vetimm.2017.01.003](https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2017.01.003).
- Nava Z, Obando C, Molina M, Bracamonte M, Tkachuk O. 2011. Seroprevalencia de la leucosis enzoótica bovina y su asociación con signos clínicos y factores de riesgo en rebaños lecheros del estado Barinas, Venezuela. Rev de la Facultad de Cienc Vet. 52(1): 13–23.
- Newcomer B, Cofield L, Walz P, Givens M. 2017. Prevention of abortion in cattle following vaccination against bovine herpesvirus 1: A meta-analysis. Preventive Vet Med. 138: 1-8. Doi: [10.1016/j.prevetmed.2017.01.005](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.01.005).
- Nuotio L, Neuvonen E, Hyytiäinen M. 2007. Epidemiology and eradication of infectious bovine rhinotracheitis/infectious pustular vulvovaginitis (IBR/IPV) virus in Finland. Acta Vet Scandinavica. 49(1): 3. Doi: [10.1186/1751-0147-49-3](https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-3).
- Raaperi K, Orro T, Viltrop A. 2014. Epidemiology and control of bovine herpesvirus 1 infection in Europe. The Vet Journal. 201(3): 249-256. Doi: [10.1016/j.tvjl.2014.05.040](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.040).
- Rivera HG, Benito AZ, Ramos OC, Manchego AS. 2004. Prevalencia de enfermedades de impacto reproductivo en bovinos de la estación experimental de trópico del centro de investigaciones ivita 1. Rev Inv Vet Perú. 15(2): 120–126.
- Ruiz-Sáenz J, Jaime J, Vera V. 2010. Prevalencia serológica y aislamiento del Herpesvirus Bovino-1 (BHV-1) en hatos ganaderos de Antioquia y del Valle del Cauca. Rev Col Cienci Pec. (23): 299-307.
- Sánchez G, Sánchez G, Benito A, Rivera H. 2003. Seroprevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en ganado lechero del valle de Lima. Rev de Investig Vet Perú. 14(1): 54–60.
- Sánchez Y, Rodríguez D, Pedroso M, Cuello S. 2012. Simultaneidad serológica de *Neospora caninum* con *Brucella abortus* y los virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina en bovinos pertenecientes al Estado de Hidalgo, México. Rev de Salud Anim. 34(2): 95–100.
- Sayers RG. 2017. Associations between exposure to bovine herpesvirus 1 (BoHV-1) and milk production, reproductive performance, and mortality in Irish dairy herds. J of Dairy Sci. 100(2): 1340–1352. Doi: [10.3168/jds.2016-11113](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11113).
- Solis JJ, Segura VM, Segura JC, Alvarado A. 2003. Seroprevalence of and risk factors for infectious bovine rhinotracheitis in beef cattle herds of Yucatan, Mexico. Preventive Vet Med. 57(4): 199–208. Doi: [10.1016/S0167-5877\(02\)00230-1](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(02)00230-1).
- Tan M, Yildirim Y, Erol N, Güngör B. 2006. The Seroprevalence of Bovine Herpes Virus type 1 (BHV-1) and Bovine Leukemia Virus (BLV) in Selected Dairy Cattle Herds in Aydın Province, Turkey. Turkish J of Vet and Anim Sci. 30(4): 353–357.
- Torrijos R, Eslava F. 2018. Contexto ganadero Caquetá 2017 [Internet]. Florencia, Caquetá (CO): Comité Departamental de Gneros del Caquetá; [Citado 2019 may. 20]. Disponible en: [https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto\\_ganadero\\_2017](https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto_ganadero_2017).
- Yamamoto W, Dewi I, Ibrahim M. 2007. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. Agric Syst. 94(2): 368–375. Doi: [10.1016/j.agsy.2006.10.011](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.10.011).

### Article citation

Muñoz AL, Motta-Delgado PA, Herrera W, Polania R, Cháves LC. 2020. Prevalencia del virus de la rinotraqueitis infecciosa bovina en el departamento del Caquetá, Amazonia Colombiana. [Prevalence of bovine infectious rhinotracheitis virus in Caquetá department, Colombian Amazon]. Rev Med Vet Zoot. 67(1): 9-16. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n1.87675](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87675).



## Prevalencia y hallazgos radiográficos en conejos, cuyos y chinchillas diagnosticados con maloclusión en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la UNAM, México

M. C. García<sup>1\*</sup>, R. I. Maldonado<sup>2</sup>

Artículo recibido: 14 de junio de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020

### RESUMEN

Los lagomorfos y los histricomorfos, como los cuyos y las chinchillas, comparten características dentales como: dentadura elodonta e hipsodonta. Estas peculiaridades predisponen la presentación de maloclusión debido al consumo de dietas inadecuadas, poco abrasivas. El propósito de este trabajo es identificar la prevalencia de maloclusión en cada una de las especies mencionadas, de acuerdo con su sexo y grupo etario. Además, tiene como objetivo hacer una evaluación objetiva de los estudios radiográficos de los ejemplares, basada en líneas de referencia anatómica, para determinar los principales hallazgos radiográficos según el grado de maloclusión diagnosticado de forma clínica. El 30% de todos los individuos evaluados presentaron problemas de maloclusión, 42,86% de ellos conejos, 16,6% cuyos y 23% chinchillas. No se evidenciaron diferencias significativas en la presentación por sexo. En conejos fue más común el diagnóstico de ejemplares del grupo etario I y II, mientras que en cuyos lo fue en los grupos II y III. El grado I y II fueron los más diagnosticados en conejos y cuyos. En las radiografías las lesiones más comunes fueron el sobrecrecimiento de las raíces maxilares y mandibulares, elongación de incisivos, pérdida de la superficie de oclusión y deformación de las raíces mandibulares. Se propone un método de corrección para las proyecciones radiográficas LL con rotación evidente para mantener la objetividad de la evaluación radiográfica.

**Palabras clave:** maloclusión, radiografía, *Oryctolagus cuniculus*, *Cavia porcellus*, *Chinchilla lanigera*.

## Prevalence and radiographic findings in rabbits, guinea pigs and chinchillas diagnosed with malocclusion at the UNAM Exotic Pet and Wildlife Teaching Hospital, Mexico

### ABSTRACT

Lagomorphs and histricomorphs, as guinea pigs and chinchillas, have common dental characteristics, such as the elodont and hypsodont teeth. These peculiarities predispose to the presentation of malocclusion due to the consumption of inadequate, non-abrasive

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

\* Autor para correspondencia: [macgarciaagu@unal.edu.co](mailto:macgarciaagu@unal.edu.co)

diets. The purpose of this work is to identify the prevalence of malocclusion in each case. In addition, it aims to make an objective evaluation of the radiological studies of the specimens, based on anatomical reference lines, to determine the main radiographic findings according to the degree of malocclusion clinically diagnosed. 30% of the individuals evaluated presented malocclusion problems being 42.86% rabbits, 16.6% guinea pigs and 23% chinchillas. There is no evidence of significant differences in the presentation by sex. In rabbits, the diagnosis of the specimens from the group I and II were more common, while in guinea pigs they were II and III. Grade I and II were the most diagnosed in rabbits and guinea pigs. In the radiographs, the most common lesions are the overgrowth of the maxillary and mandibular roots, elongation of the incisors, loss of the occlusal surface and deformation of the mandibular roots. A method of correction for LL radiographic projections with evident rotation is proposed to maintain the objectivity of the radiographic evaluation.

**Key words:** malocclusion, radiography, *Oryctolagus cuniculus*, *Cavia porcellus*, *Chinchilla lanigera*.

## INTRODUCCIÓN

Los lagomorfos y los roedores del orden hystricomorpha, como los cuyos y las chinchillas, son especies herbívoras especializadas, muy susceptibles a problemas de maloclusión. Esto está asociado a su dentición completamente elodonta e hiposodonta, que se compensa con el desgaste dental por el consumo de dietas altamente abrasivas (Legendre 2002; Capello y Lennox 2012; Böhmer 2015).

Los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), cuyos (*Cavia porcellus*) y chinchillas (*Chinchilla lanigera*) tienen una cavidad oral estrecha con un diastema prolongado. Todos son anisognatos, sin embargo, los conejos tienen una maxila más amplia que la mandíbula y en contraste, los cuyos y chinchillas tienen una mandíbula más amplia que la maxila (Capello y Lennox 2012; Böhmer 2015). A diferencia de los roedores, los lagomorfos tienen un tercer par de incisivos ubicado detrás de los incisivos maxilares y su fórmula dental es (I 2/1 C0/0 PM 3/2 M 3/3)2 para un total de 28 dientes (Capello *et al.* 2005). Por su parte, los cuyos y chinchillas tienen 20 dientes con la siguiente fórmula dental

(I1/1 C0/0 PM 1/1 M 3/3)2 (Legendre 2003). La superficie de oclusión en los conejos y los cuyos tiene forma de zigzag, por lo que se les conoce como lofodontos, no obstante, en cuyos esta no coincide como en los conejos. En cuanto a las chinchillas, estas tienen una superficie de oclusión totalmente recta. Los conejos tienen una angulación de su superficie de oclusión de 10-15° por la ligera curvatura de los molares maxilares hacia vestibular y de los mandibulares hacia lingual (Capello y Lennox 2012; Böhmer 2015). En los cuyos, el ángulo de oclusión es de 30° debido a la conformación dental con coronas de reserva curvas, que a nivel maxilar se dirigen hacia palatino y a nivel mandibular hacia bucal, además en estos últimos las hileras de dientes divergen marcadamente hacia caudal. En las tres especies solo una arcada de dientes entra en contacto a la vez durante el proceso de masticación (Böhmer 2015; Legendre 2016), no obstante, a diferencia de los cuyos y los conejos, en las chinchillas los premolares y molares están casi en contacto cuando se encuentran en reposo (Mans y Jekl 2016).

Las causas de maloclusión pueden variar entre las tres especies. En conejos son más comunes las causas congénitas como el prognatismo o la braquignatia, características propias de algunas razas (enanos o braquiocefálicos). Por el contrario, esto es poco común en roedores. Otras causas descritas son anomalías del desarrollo, traumas, desgaste anormal y enfermedad metabólica ósea; esta última, aún no ha sido reportada ni investigada en roedores (Capello *et al.* 2005). A pesar de estas diferencias, la causa más común y la más importante en las tres especies es el desgaste anormal por dietas inapropiadas y bajas en fibra. La reducción de alimentos abrasivos disminuye el desgaste de los dientes, lo que impide que se compense la tasa de crecimiento de los mismos y se permita su elongación (Reiter 2008; Capello y Lennox 2012).

La disminución del consumo o anorexia, la baja de peso, la renuencia a masticar, la disminución en la producción de heces, el prurito y la dermatitis húmeda secundaria al derrame de saliva, son signos comunes de maloclusión. El crecimiento retrogrado de las coronas de reserva hacia el tejido periapical, provoca tumefacción de la superficie ventral de la mandíbula, exoftalmos, conjuntivitis, obstrucción del conducto nasolagrimal y epifora cuando compromete el proceso cigomático de la maxila. El crecimiento hacia los tejidos apicales puede llegar a comprometer el hueso, predisponiendo al desarrollo de abscesos o de osteomielitis (Reiter 2008; Capello y Lennox 2012).

De acuerdo con la progresión, la enfermedad se puede graduar de uno a cinco (Capello *et al.* 2005). En el grado uno, la conformación dental es normal. En el grado dos, hay elongación de la raíz y deterioro de la calidad del diente. En este grado puede que no se observen signos

clínicos asociados a enfermedad dental; no obstante, puede haber tumefacción de la superficie ventral de la mandíbula o epifora. En el grado tres, se describe una maloclusión adquirida en la que hay pérdida del hueso de soporte y hay alteraciones en la posición, forma, estructura y dirección de crecimiento de algunos dientes. En este grado se pueden observar problemas de aprehensión, puntas causando úlceras en cavidad oral, anorexia, salivación, dolor, dacriocistitis, abscesos, enfermedad periodontal y pérdida de dientes. En el grado cuatro, se detiene o disminuye el crecimiento dental, debido a que por la elongación apical puede haber destrucción del tejido germinal del diente. En este estadio puede que mejore la condición del paciente a pesar de que hay puntas irritando los tejidos. Finalmente, en el grado cinco, se da la osteomielitis y formación de abscesos por la penetración de la raíz en el periostio y dacriocistitis severa por oclusión del conducto naso lagrimal, lo que incrementa el esfuerzo respiratorio y los ruidos. Es común encontrar los abscesos a nivel mandibular. Adicionalmente, se ha descrito un estadio final secundario en el que hay una mineralización del hueso y del diente y ya no es posible diferenciarlos radiográficamente.

Para el diagnóstico de la maloclusión se puede hacer un primer acercamiento con el examen físico y un otoscopio; sin embargo, este enfoque es limitado debido a que su anatomía oral es estrecha y no permite la visualización completa. Para hacer un diagnóstico más preciso es necesario de estudios complementarios como radiografía o tomografía computarizada tomados bajo anestesia. Estos métodos permiten observar la conformación e integridad de las coronas de reserva, las superficies de oclusión y alteraciones óseas, entre otras

(Gracis 2008; Capello 2016). Un estudio radiográfico completo de la cabeza debe incluir proyecciones, latero-lateral (LL), dorso-ventral (DV), oblicua lateral derecha, oblicua lateral izquierda, ventro-dorsal (VD), rostro-caudal (RC) e intraoral (IO). Sin embargo, algunos autores consideran que las proyecciones LL y DV son las más útiles para evaluar la enfermedad dental de forma general, y recomiendan las vistas RC o IO solo para la evaluación de regiones específicas (Gracis 2008).

Böehmer y Crossley (2009) desarrollaron un método objetivo de evaluación radiográfica de enfermedades dentales en conejos, chinchillas y cuyos. Este permite determinar las anomalías dentales, basado en líneas dibujadas entre puntos anatómicos específicos. Esto favorece una evaluación sin interpretaciones subjetivas, permitiendo determinar claramente el grado de maloclusión y el establecimiento de un pronóstico de acuerdo con la evaluación de la progresión de la enfermedad.

Varios autores han descrito la prevalencia de maloclusión en conejos, cuyos y chinchillas. Maldonado y Brousset (2009) reportaron una prevalencia del 18,75%, un 4,16% en conejos, 8,3 % en cuyos y 2% en chinchillas y otros roedores; por otra parte, Jekl *et al.* (2008) indicaron una prevalencia de 30%, con presentación del 40% en conejos, 56,7% en cuyos y 55% en chinchillas. Otros autores reportaron prevalencias por especie, Mäkitaipale *et al.* (2015) obtuvieron una prevalencia de 40,1% en conejos, Minarikova *et al.* (2015) de 36,3% en cuyos y Crossley (2001) obtuvo una prevalencia del 35% en chinchillas aparentemente sanas. En cuanto a la edad de presentación, los problemas de maloclusión son más frecuentes en el segundo y tercer tercio de vida, en individuos con edades superiores

a los 2-3 años (Mosallanejad *et al.* 2010; Minarikova *et al.* 2015). En relación al sexo de los individuos estos mismos autores reportaron que no hay diferencias significativas en su presentación. Según el grado de maloclusión la prevalencia es variable, sin embargo, en la bibliografía consultada el grado I fue el menos frecuente (Jekl *et al.* 2008; Maldonado y Brousset 2009).

Es útil conocer la prevalencia de maloclusión ya que así se puede cuantificar su presentación en una población específica, además, permite hacer asociaciones de acuerdo a la especie, sexo y edad de los individuos, conforme a lo cual se pueden establecer protocolos de diagnóstico o prevención enfocados en la detección temprana y disminución de su presentación. Por otro lado, determinar los hallazgos más frecuentes en los estudios complementarios, según el grado de maloclusión diagnosticado, facilita la información para profesionales con casos similares, debido a que permite que la lectura de los estudios se realice objetivamente y se dirija a identificar lesiones frecuentes que pudieran confirmar la presentación y/o el grado de la enfermedad.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar la prevalencia de maloclusión en conejos, cuyos y chinchillas diagnosticados durante los años 2017 y 2018 en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica (HVE-FSEC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), teniendo en cuenta la frecuencia de presentación de acuerdo al sexo, edad y grado de maloclusión. Adicionalmente, se evaluó la calidad diagnóstica de los estudios radiográficos obtenidos y se identificaron los hallazgos radiográficos más comunes según el grado de maloclusión reportado en los expedientes clínicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se recopilaron los expedientes de todos los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), chinchillas (*Chinchilla lanigera*) y cuyos (*Cavia porcellus*) llevados a consulta durante el año 2017 y 2018. Se identificaron los individuos con diagnóstico de maloclusión y se tabuló la información teniendo en cuenta el sexo, el grupo etario y la tenencia o no de estudios radiográficos complementarios. Se determinaron tres grupos etarios como se ilustra en la Tabla 1.

Se verificó la permanencia de los estudios radiográficos en el archivo del hospital y se compilaron. Se evaluó cada uno para determinar su calidad diagnóstica, basados en la sobreposición de las estructuras anatómicas como la bulla timpánica, las ramas mandibulares, la articulación temporomandibular, margen rostral de la órbita ocular y forámenes ópticos, para las proyecciones LL y evaluando la simetría bilateral en las proyecciones DV y RC.

Las proyecciones LL y DV se evaluaron basadas en el uso de líneas de referen-

cia anatómica descritas por Böehmer y Crossley (2009). Las proyecciones LL con una rotación evidente se evaluaron de igual forma, a excepción del sobrecrecimiento de las raíces de los premolares y molares maxilares que se evaluaron teniendo en cuenta la diferencia entre las bullas timpánicas, y la distancia en la que las raíces maxilares sobrepasaran la línea dibujada ente la punta del hueso nasal y la cresta occipital. Las modificaciones de la superficie de oclusión de los premolares y molares no se tuvieron en cuenta para estas radiografías por las alteraciones en la interpretación. Para los otros parámetros no se consideraron alteraciones secundarias a la rotación.

Por su parte, las proyecciones RC simétricas se evaluaron teniendo en cuenta la simetría al interior de la cavidad oral. Las radiografías asimétricas no fueron consideradas para el estudio.

En la Tabla 2 se observa la nomenclatura establecida para la evaluación radiográfica y tabulación de datos.

Finalmente, se identificaron y tabularon las lesiones encontradas en las radiografías analizadas. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante tablas de frecuencia y graficas de barras.

**TABLA 1.** Grupos etarios. División de grupos etarios de acuerdo al inicio de la madurez sexual y esperanza de vida de cada una de las especies.

Especie	Madurez sexual	Juveniles	Adultos	Gerontes	Esperanza de vida
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	4-8 m	<8 m	8m < 5 años	> 5 años	6-10 a
<i>Cavia porcellus</i>	2-4 m	<4 m	4m < 5 años	> 5 años	5-7 a
<i>Chinchilla lanigera</i>	7-10 m	<10 m	10m < 8 años	> 8 años	8-10 a

**RESULTADOS**

Durante los años 2017 y 2018 se recibieron para consulta en el HVE-FSEC un total de 338 animales. De estos, el 51,7% (n=175) fueron conejos (*Oryctolagus cuniculus*), 71 hembras y 104 machos; el 44,3% (n=150) cuyos (*Cavia porcellus*),

93 hembras y 57 machos, y el 3,8% (n=13) chinchillas (*Chinchilla lanigera*), 4 hembras y 9 machos.

La prevalencia de maloclusión de toda la población de animales atendidos en consulta fue del 30,4% (n=103). De los conejos atendidos, el 42,8% (n=75) fue

**TABLA 2.** Nomenclatura utilizada para la evaluación radiográfica.

Nomenclatura	Descripción
SCMx	Sobrecrecimiento de las coronas de reserva de los dientes maxilares por encima de la línea de referencia
POV	Alteración del plano oclusal con mayor crecimiento hacia abajo de la línea de referencia
POD	Alteración del plano oclusal con mayor crecimiento hacia arriba de la línea de referencia
SCMb	Sobrecrecimiento de las coronas de reserva de los dientes mandibulares por encima de la línea de referencia.
DA	Desajuste de las arcadas mandibulares y maxilares
SCIMx	Sobrecrecimiento de incisivos maxilares
SCRIMx	Sobrecrecimiento de la raíz de incisivos maxilares
SCIMb	Sobrecrecimiento de incisivos mandibulares
SCRIMb	Sobrecrecimiento de la raíz de incisivos mandibulares
LLMx	Sobrepaso del límite lateral de la arcada maxilar
LMMx	Sobrepaso del límite medial de la arcada maxilar
DM	Desplazamiento mandibular
FR	Fractura
PS -LL	Pérdida de la superficie de oclusión en la vista lateral
PS-RC	Pérdida de la superficie de oclusión en la vista rostrocaudal.
AM-RC	Asimetría en la porción medial de la proyección RC (Puntas)
PPC	Pérdida punta de cincel de los incisivos
DRMb	Deformación de las raíces mandibulares
DRMx	Deformación de las raíces maxilares
EIA	Formación de espacios interalveolares
AP	Absceso periapical
ITA	Inflamación de tejidos adyacentes

diagnosticado con maloclusión, de los cuales un 41,33% (n=31) correspondió a hembras y un 58,6% (n=44) a machos. Del total de cuyos, el 16,6% (n=25) fue diagnosticado con maloclusión, 52% (n=13) fueron hembras y 48% (n=12) machos. En cuanto al total de chinchillas, el 23% (n=3) se diagnosticó con maloclusión y todos los individuos fueron machos.

Respecto a los grados de maloclusión, el 40% de los conejos (n=30) se diagnosticó con grado I, el 34,6% (n= 26) con grado II, el 12% (n=9) grado III y el 13,3% (n=10) con grado IV. Entre los cuyos el 44% (n=11) presentó maloclusión grado I, el 12% (n=3) grado II, el 24% (n=6) grado III y el 20% (n=5) restante grado IV. Finalmente, en cuanto a las chinchillas ningún individuo se diagnosticó con maloclusión grado III y solo un ejemplar fue diagnosticado para cada uno de los grados I, II y IV.

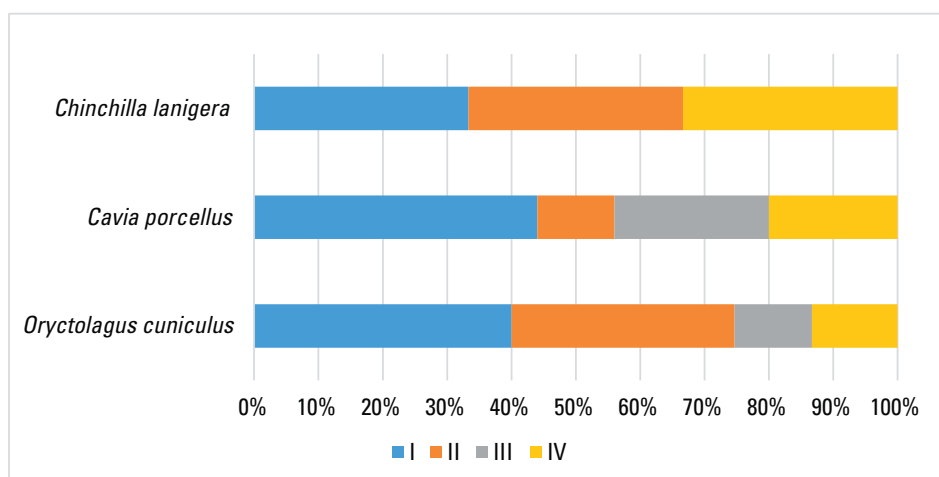
De acuerdo a los grupos etarios en el momento de ser diagnosticados, el 24% (n=18) de los conejos eran juveniles, el 54,6% (n=41) adultos y el 21,3% restante (n=16) gerontes. En cuyos, el 72% (n=18)

eran adultos y el 28% (n=7) gerontes y en chinchillas, solo un animal tenía menos de 10 meses de edad y los otros dos entre los 10 meses y 8 años. En la Figura 2 se pueden observar los resultados respecto al grado de maloclusión diagnosticado respecto al grupo etario.

Se realizaron estudios radiográficos complementarios únicamente en el 24% (n=25 animales) de los 103 diagnosticados. No obstante, de estos sólo se pudieron recopilar 18 estudios radiográficos de 13 conejos, 4 cuyos y 1 chinchilla.

De 50 proyecciones radiográficas evaluadas (proyecciones LL, DV y RC), el 45% tuvo calidad diagnóstica. Se analizaron 18 estudios DV, de los cuales un 55,56% tuvo simetría bilateral; 18 estudios LL, de los que un 50% tuvo sobreposición perfecta, y 14 estudios RC, de los que un 21,43% tuvo simetría bilateral.

Los principales hallazgos radiográficos según el grado de maloclusión se ilustran en la Figura 3, posteriormente, en la Figura 4A se puede evidenciar que en conejos con maloclusión grado III los hallazgos más frecuentes fueron el sobre



**FIGURA 1.** Porcentaje de presentación de grados de maloclusión por especie.

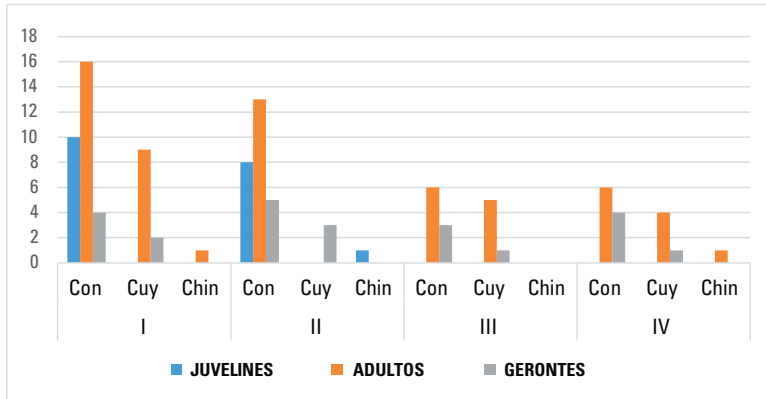


FIGURA 2. Grados de maloclusión diagnosticados según el grupo etario.

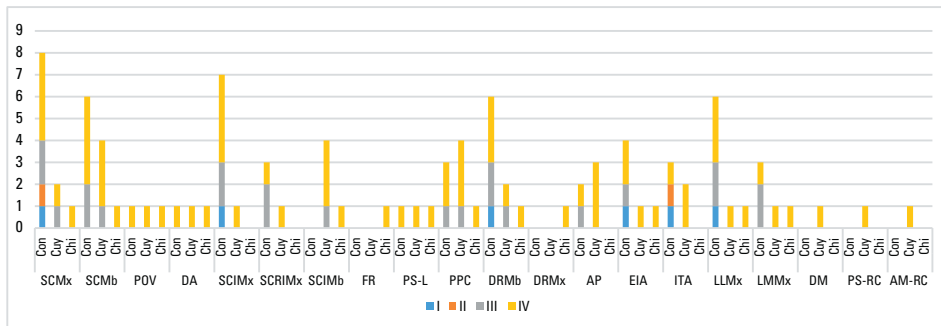


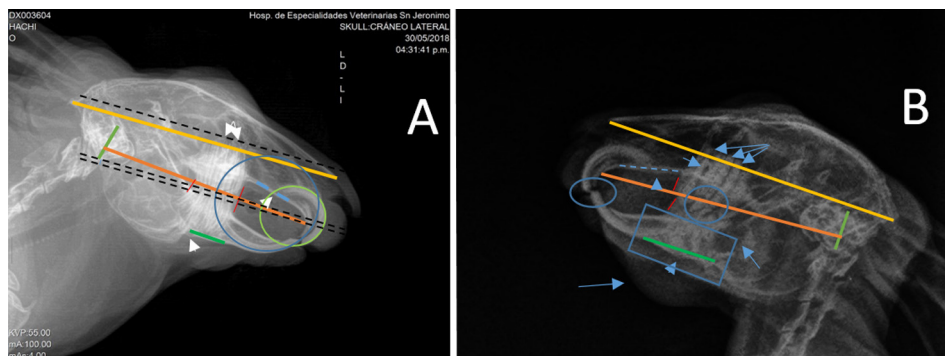
FIGURA 3. Hallazgos radiográficos según el grado de maloclusión en conejos (Con), cuyos (Cuy) y chinchillas (Chi).

crecimiento de las raíces mandibulares y maxilares, sobrecrecimiento de punta y raíz de los incisivos maxilares, deformación de las raíces mandibulares en la proyección LL y sobrepaso de las raíces del límite lateral y medial en la proyección DV. Por su parte, en el grado IV, Figura 4B, fue más frecuente encontrar sobrecrecimiento de raíces mandibulares y maxilares, elongación de incisivos maxilares, deformación de raíces mandibulares en la proyección LL, y sobrepaso de las raíces del límite lateral y medial en la proyección DV. Adicionalmente, a diferencia del grado III se presentó pérdida de la línea de oclusión con sobrecrecimiento

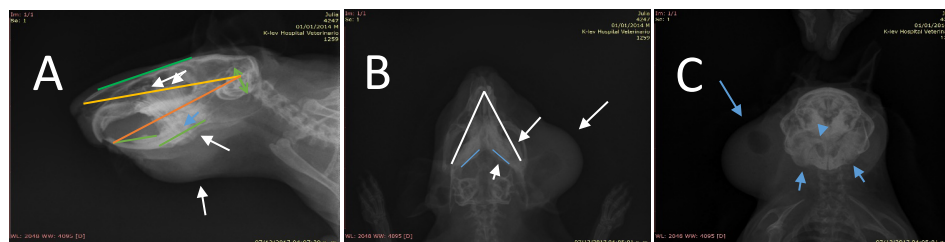
de coronas maxilares, desajuste de las arcadas, pérdida de la punta en cincel de los incisivos y presencia de espacios interalveolares.

En los cuyos diagnosticados con grado IV (Figura 5) se evidenció en la mayoría de casos sobrecrecimiento de raíces e incisivos mandibulares, pérdida de la punta en cincel de los incisivos, presentación de abscesos periapicales, inflamación de tejidos adyacentes en la proyección LL y sobrepaso del límite lateral y medial en la proyección DV. Por su parte, los hallazgos radiográficos en la chinchilla diagnosticada con maloclusión grado IV se pueden evidenciar en la Figura 6.

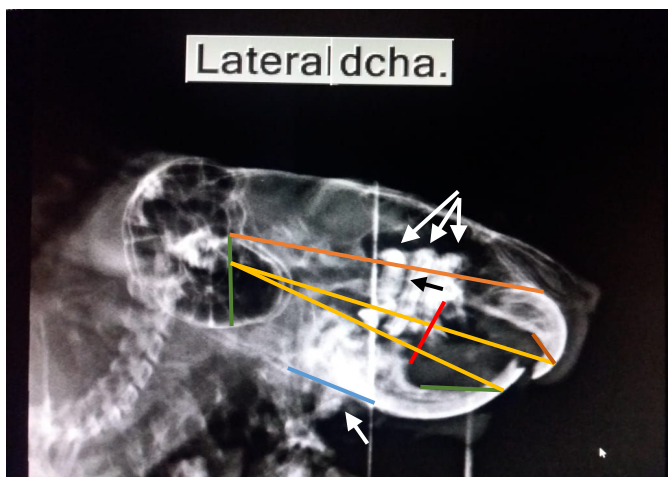




**FIGURA 4.** Evaluación radiográfica en conejos. **A.** Maloclusión grado III proyección LD-LI. Se puede observar sobrecrecimiento de las raíces maxilares, mandibulares y raíces de los incisivos superiores (Flechas blancas). Adicionalmente, el tamaño de los incisivos superiores es mayor a un tercio de la circunferencia marcada en verde. Las líneas punteadas indican la diferencia de la distancia entre ambas bullas timpánicas, esta se compara con la línea amarilla que va desde la cresta occipital hasta la punta del hueso nasal, con el fin de determinar si hay un verdadero crecimiento de las raíces maxilares y descartar que sea efecto de la rotación de la radiografía. **B.** Maloclusión grado IV, proyección LI-LD. Se evidencia pérdida de la punta en forma de cincel de los incisivos, fractura de premolares mandibulares, sobrecrecimiento de raíces de los incisivos superiores, premolares y molares mandibulares y maxilares con abultamiento de la rama mandibular e inflamación de tejidos adyacentes, se observa una zona radio lúcida en la base de los molares mandibulares y presencia de espacios interalveolares.



**FIGURA 5.** Proyecciones LI-LD, DV y RC en un cuyo con maloclusión grado IV. **A.** En la proyección LI-LD se observa pérdida de la punta en forma de cincel de los incisivos, elongación de las raíces de premolares y molares maxilares y mandibulares (Flechas blancas), abultamiento de la rama mandibular (Flechas blancas) con inflamación de tejidos adyacentes y presencia de zona radio lúcida en la base de los premolares mandibulares (Flecha azul). **B.** En la proyección VD se observa crecimiento hacia medial y lateral de la línea de referencia de los premolares y molares junto con la inflamación de los tejidos adyacentes a la rama mandibular derecha. **C.** En la proyección rostro caudal se evidencia presencia de puntas de premolares mandibulares hacia lingual bilateral, abultamiento de ambas ramas mandibulares con inflamación de tejido adyacente a la rama mandibular derecha.



**FIGURA 6.** Maloclusión grado IV en *Chinchilla lanigera*. Se evidencia pérdida de punta en forma de cincel y sobrecrecimiento de incisivos superiores e inferiores, fractura de molares mandibulares (Círculo azul), elongación de raíces de premolares y molar maxilares y mandibulares, presencia de espacios interalveolares (Flecha negra), abultamiento de rama mandibular.

## DISCUSIÓN

Diferentes autores han descrito anteriormente la prevalencia de maloclusión en conejos, cuyos y chinchillas. Por ejemplo, en el estudio retrospectivo realizado por Maldonado y Brousset (2009), en el Hospital Veterinario de Especialidades Bruselas, se encontró que del total de roedores y lagomorfos atendidos en consulta durante un año, el 18,75% (n=9) presentó problemas de maloclusión, con una prevalencia de 4,16% en conejos (n=2); 8,3% en cuyos (n=4), y 2% en chinchillas, hámster sirio y rata. A diferencia de este estudio, en el presente se observó que el 30% de la población de conejos, cuyos y chinchillas atendidos en dos años en el HVE-FSEC presentó maloclusión, esto se puede asociar al incremento de consultas recibidas por parte de estas especies (n=338) a diferencia del estudio de Maldonado y Brousset (2009), donde de los 180 pacientes solo el 39% eran mamíferos y de

estos solo el 67% (n=47) eran conejos y roedores, lo que demuestra el incremento en la tenencia de este tipo de mascotas. Por otro lado, se obtuvo una prevalencia mayor en conejos y las prevalencias en las tres especies en cuestión fueron mayores a las reportadas por Maldonado y Brousset (2009). Adicionalmente, estos autores encontraron que el 100% de conejos presentaron maloclusión grado III, 100% de chinchillas grado II, 50% de los cuyos grado III y un 25% para cada uno de los grados II y IV; a diferencia del presente estudio, en el que se encontraron varios casos en las tres especies, para cada uno de los cuatro grados de maloclusión, situación que responde a la diferencia en el número de ejemplares evaluados y posiblemente a la diferencia en el método de evaluación de cada uno de los hospitales.

En otro estudio realizado por Jekl *et al.* (2008), en el que se evaluó la presentación de maloclusión en un total de 590

animales entre conejos, cuyos y chinchillas, se encontró que el 30% de la población presentó problemas dentales, con prevalencias de 40% en conejos, 56,7% en cuyos y 55% en chinchillas. Lo anterior concuerda con el presente trabajo y solo se encuentra diferencia respecto a la alta prevalencia en chinchillas y la prevalencia en cuyos que es mayor que en conejos. Las diferencias encontradas pueden resultar del número de animales evaluados respecto a las chinchillas y el método de diagnóstico utilizado, ya que en tal estudio se contaba con endoscopia mientras que en el HVE-FSEC solo se realizó diagnóstico con evaluación física externa y evaluación intraoral con otoscopio, por lo que los animales pudieron ser subdiagnosticados.

Por otro lado, Jekl *et al.* (2008) reportan que la prevalencia aumentó hacia el segundo y tercer tercio de vida. Mosallanejad *et al.* (2010) concuerdan con esto, ya que encontraron que la prevalencia es mayor en conejos mayores a tres años de edad (14,89%) en comparación con los menores de 3 años. Con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio se observa que en cuyos la manifestación fue mayor en los adultos y gerontes; no obstante, en conejos el número de ejemplares diagnosticados con maloclusión fue mayor en juveniles y adultos. Las diferencias con respecto a estos estudios se deben, por un lado, a que en el estudio de Jekl *et al.* (2008) la evaluación fue únicamente de individuos que fueron remitidos con signos clínicos de maloclusión, y en este estudio se tuvieron en cuenta absolutamente todos los animales que presentaran, o no, signos clínicos asociados a maloclusión. Por otra parte, la afirmación del estudio de Mosallanejad *et al.* (2010) está basada en un número muy pequeño de conejos diagnosticados con maloclusión (7/105).

De acuerdo a los grados de maloclusión detectados, a diferencia de lo que reporta Jekl *et al.* (2008) quienes no obtuvieron diferencias en el número de animales diagnosticados con grado I, II y III, y la mayoría de cuyos fueron diagnosticados grado IV, en este estudio se obtuvo que la mayoría de los ejemplares, conejos y cuyos, presentaron maloclusión grado I.

En cuanto al sexo, en este estudio no se encontraron diferencias marcadas en conejos y cuyos, no obstante, en chinchillas el 100% de la población diagnosticada fueron machos. Estimaciones similares habían sido obtenidas previamente para conejos por Mosallanejad *et al.* (2010), quienes reportaron que la diferencia entre ambos sexos no fue significativa, aunque obtuvieron un mayor número de hembras diagnosticadas. Posteriormente, en el estudio de Mäkitaipale *et al.* (2015) tampoco se encontraron diferencias significativas entre conejos machos y hembras evaluados.

En el mismo estudio de Mäkitaipale *et al.* (2015) se reportó que, de 167 conejos aparentemente sanos que fueron evaluados físicamente y por medio de radiografías LL, el 40,1% presentó enfermedad dental, lo que concuerda con el hallazgo del este estudio en el que 42,8% de los conejos atendidos fue diagnosticado con maloclusión. Mäkitaipale *et al.* (2015) también encontraron que la prevalencia de la maloclusión adquirida grado II se vio aumentada en un 77% después de haber hecho una comparación del diagnóstico radiográfico con el diagnóstico por inspección de la cavidad oral, lo que permite resaltar la necesidad de mantener estudios complementarios para evitar subdiagnosticar la enfermedad.

De los estudios radiográficos de conejos obtenidos, un 15% se diagnosticaron como grado I y otro 15% como grado

II, 30,7% grado III y el 37% restante grado IV; a diferencia de los resultados del estudio realizado por Ramezani-pour *et al.* (2010) quienes encontraron que de las 64 radiografías obtenidas con alteraciones dentales el grado I y grado II representaron un 23,44%, cada uno, el 37,5% mostró signos de grado III y 15,62% grado IV. Se considera que la diferencia en el número de radiografías evaluadas puede haber afectado los resultados del presente estudio.

En cuanto a la prevalencia de la enfermedad, específicamente en cuyos, Minarikova *et al.* (2015) describieron la maloclusión como la enfermedad más prevalente en una muestra de 1000 cuyos evaluados en un periodo de 5 años, comprendiendo un 36,3%. También reportaron que la presentación fue más frecuente en animales entre los 2-5 años y con una prevalencia mayor en machos que en hembras. En comparación con los resultados de este estudio, se observa que la prevalencia en cuyos es menor y que esta fue mayor en hembras que en machos, lo cual se puede asociar al hecho de que el número de animales evaluados fue mayor y a que se recibieron más hembras que machos, a diferencia del estudio de Minarikova *et al.* (2015). Por otro lado, ambos estudios coinciden en que la mayor prevalencia se encontró en un segundo grupo etario mayor a 2 años y menor a 5.

Por su parte, un estudio realizado en Reino Unido con chinchillas describió que, de 651 chinchillas aparentemente sanas, el 35% presentó problemas dentales (Crossley 2001), a diferencia de lo descrito en este artículo. Es probable que, además de que la cantidad de casuística presentada en chinchillas es baja, el comportamiento propio de esta especie por “esconder” los signos ocasione que la enfermedad permanezca subdiagnosticada (Capello y Lennox 2012).

En cuanto a los hallazgos radiográficos más comunes por especie, en conejos con maloclusión grado II Mosallanejad *et al.* (2010) describen la tumefacción en el borde ventral de la mandíbula con elongación de las raíces mandibulares, curvatura de los premolares y molares, alteración de la forma de los incisivos y su superficie de oclusión, en conjunto con la pérdida del patrón de oclusión en zigzag de los premolares y molares. Por su parte, Mäkitaipale *et al.* (2015) describen cambios más leves como moderada elongación de raíces causando adelgazamiento del borde de la mandíbula volviendo indistintos el hueso alveolar y el ápice de la raíz. Los mismos autores describen en el grado III distorsiones menores en los molares o premolares, generando espículas, crecimiento aberrante, fractura de incisivos, pérdida de patrón en zigzag y crecimiento distorsionado. Para el grado IV Mosallanejad *et al.* (2010) reportan destrucción del tejido germinal, no describen abscesos periapicales y mencionan que lo más común es la calcificación anormal del hueso alveolar. Entre tanto, Mäkitaipale *et al.* (2015) describen cambio de la apariencia de la raíz con posible infección periapical y aumento de la densidad de los dientes, con algunas coronas que pueden romperse, los dientes dejan de crecer y toman una apariencia borrosa. También describen un grado V de maloclusión en el que los cambios patológicos son severos y puede ser imposible diferenciar entre dientes por calcificación distrófica y formación de abscesos periapicales. Respecto a las descripciones previas, en el estudio realizado se observó que los principales hallazgos radiográficos coinciden con los reportados para el grado III y IV descritos por Mäkitaipale *et al.* (2015).

En cuyos los principales hallazgos radiográficos según Minarikova *et al.* (2015)

fueron la elongación apical y coronal de incisivos y premolares y molares, fracturas, cambios estructurales periapicales aparte de abscesos odontogénicos que tuvieron una presentación de 3,1% (31/1000); lo anterior, concuerda con lo obtenido durante el presente estudio, especialmente en el grado IV donde se observó sobrecrecimiento de incisivos y raíces de premolares y molares, además de una presentación importante de abscesos periapicales a diferencia de los conejos.

Finalmente, respecto a los hallazgos radiográficos en chinchillas, Crossley (2001) reportó que en la proyección LL se observó elongación de la corona de los incisivos (100%), elongación de la raíz de premolares y molares (94%), elongación de la corona de premolares y molares (69%); en la proyección DV, elongación de la raíz de los premolares y molares maxilares (71%) y asimetría de las arcadas dentales (43%); y en la proyección RC, elongación de la raíz (75%) con asimetría de las arcadas dentales (50%) y elongación de la corona de premolares y molares (38%). Al respecto, el único estudio radiográfico evaluado presentó todas las características descritas, aunado a la presentación de fractura de premolar y pérdida de la superficie de oclusión en punta de cincel de los incisivos (Figura 6).

Del total de estudios radiográficos, en las proyecciones LL y DV solo la mitad tuvo calidad diagnóstica, lo que demuestra la alta prevalencia de errores en la toma de estudios radiográficos. Las proyecciones radiográficas rotadas, ya sea sobre su eje horizontal, en las proyecciones laterales, o vertical en las proyecciones DV y RC, influyen en la interpretación objetiva del estudio radiográfico. Por ejemplo, las proyecciones laterales que presentan un grado de rotación sobre su eje horizontal, donde se

modifican las posiciones de las estructuras anatómicas como una bulla timpánica o una rama mandibular más arriba que la otra, influencia de forma directa la posición de las raíces maxilares con respecto a la línea de referencia que se extiende desde la cresta occipital hasta la punta del hueso nasal. Esto podría suponer que hay una elongación de las raíces maxilares cuando en realidad no es así y es simplemente una consecuencia de la rotación del paciente. Aunque las proyecciones LL se ven afectadas por la rotación hay varios aspectos por evaluar que son independientes de esta, por ejemplo: la forma de la punta de los incisivos, la deformación mandibular, las alteraciones de las raíces, el ajuste de las arcadas, el sobrecrecimiento de la punta y raíz de los incisivos, entre otras. Con el propósito de no descartar las proyecciones LL rotadas y poder hacer una lectura radiográfica objetiva, se decidió implementar un método de corrección basado en la comparación de la distancia entre las estructuras anatómicas que deberían estar sobrepuestas, con la distancia que hay desde la línea de referencia (cresta occipital – punta del hueso nasal) hasta la punta de las raíces de los premolares y molares maxilares. Así se logra determinar de una forma objetiva si la elongación de las raíces es real o es un efecto de la rotación (Figura 4A). Es necesario tener en cuenta estas opciones debido a que que son pocas las ocasiones en que los propietarios acceden a realizar una toma de estudios radiográficos nuevamente.

Por otro lado, en las proyecciones DV y RC los parámetros por evaluar son dependientes en gran parte de la rotación, por lo que estos solo se tuvieron en cuenta si tenían simetría bilateral y no se evaluaron más características si no cumplían con este criterio.

Finalmente, se recomienda realizar estudios complementarios sobre la influencia de la rotación en la interpretación de resultados comparando estudios radiográficos de un mismo ejemplar con diferentes grados de rotación. Esto con el fin de determinar el grado de alteración en la interpretación y la implementación de factores de corrección al momento de analizar radiografías rotadas.

## CONCLUSIONES

Las alteraciones dentales son un problema altamente prevalente en conejos, cuyos y chinchillas. Su incidencia no se ve afectada por el sexo de los individuos y puede presentarse en cualquiera de los tres grupos etarios. En cuyos es más frecuente durante el segundo y tercer tercio de la vida, como también reportan otros autores, y en conejos en el primer y segundo tercio, sin embargo, a diferencia de la literatura citada, en este estudio se determinó una mayor prevalencia en animales jóvenes y adultos, debido a que se tuvieron en cuenta todos los individuos atendidos, y no solo aquellos que presentaban signos de enfermedad.

En general los grados de maloclusión más diagnosticados son el II, III y IV. No obstante, este estudio revela que la prevalencia del grado I es mayor en cuyos y conejos, posiblemente asociado a que se evaluó la cavidad oral de todos los animales, independiente de su motivo de consulta, lo que permitió diagnosticar la maloclusión de forma temprana. Por esta misma razón se recomienda hacer una evaluación oral completa en todos los ejemplares propensos a sufrir de problemas de maloclusión, independiente de su edad o motivo de consulta, como parte de un protocolo preventivo, con el fin de detectar la enfermedad y

corregir los factores de riesgo de la forma más temprana posible.

Se debe considerar hacer una evaluación diagnóstica exhaustiva, incluyendo examen físico externo e intraoral junto con estudios radiográficos complementarios, idealmente bajo anestesia, para facilitar el correcto posicionamiento de los ejemplares, obtener estudios radiográficos con una buena calidad diagnóstica y evitar subdiagnosticar la enfermedad, especialmente en aquellos individuos como las chinchillas, que no suelen presentar signos tempranamente. Adicionalmente, la interpretación radiográfica objetiva debe tener en cuenta la calidad de las radiografías, debido a que el posicionamiento del individuo, junto con la técnica radiográfica adecuada, permitirán hacer una evaluación correcta y evitar el diagnóstico de falsos positivos. Tal como se realizó en este estudio, se recomienda utilizar líneas de corrección, teniendo en cuenta las distancias de rotación de la imagen radiográfica de acuerdo a estructuras anatómicas, con el fin de no perder la objetividad de la evaluación y evitar descartar las radiografías que no cumplan con la sobreposición de estructuras de forma estricta, debido a que no siempre es posible realizar de nuevo los estudios radiográficos.

Finalmente, los hallazgos radiográficos en conejos de los grados III y IV coinciden con lo reportado por otros autores previamente, pues es frecuente el sobrecrecimiento de las raíces mandibulares y maxilares y de los incisivos maxilares, así como la deformación de las raíces mandibulares en el grado III y en el grado IV, aunado a la pérdida de la línea de oclusión con sobrecrecimiento de coronas maxilares, desajustes de arcadas, pérdida de la punta en cincel de los incisivos y presencia de espacios interalveolares. A diferencia de

los conejos, fue más frecuente encontrar abscesos periapicales e inflamación de tejidos subyacentes en cujos.

En cuanto a las chinchillas, este estudio no tuvo un número de ejemplares ni estudios radiográficos muy grande, por lo que se evidenciaron diferencias marcadas con los hallazgos de otros autores y debido a esto no se consideran comparativos.

## Agradecimientos

Principalmente a los directores y académicos del Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la UNAM por permitir desarrollar este proyecto y colaborar para su análisis e interpretación.

## REFERENCIAS

- Böehmer E, Crossley D. 2009. Objective interpretation of dental disease in rabbits, guinea pigs and chinchillas. Use of Anatomical Reference Lines. *Tierärztliche Prax Ausgabe K Kleintiere Heimtiere*. 37(4): 250-260. Doi: [10.1055/s-0038-1622802](https://doi.org/10.1055/s-0038-1622802).
- Böhmer E. 2015. *Dentistry in Rabbits and Rodents*. Iowa: USA. WILEY Blackwell.
- Capello V, Gracis M, Lennox AM. 2005. Rabbits and Rodents Dentistry Handbook. Lake Worth (FL): Zoological Education Network. 1-272 p.
- Capello V, Lennox AM. 2012. Small mammal dentistry. En: Quesenberry KE, Carpenter JW, editors. *Ferrets, rabbits and rodents clinical medicine and surgery*. 3rd edition. St Louis (MO): Elsevier Saunders. 452-71 p.
- Capello V. 2016. Diagnostic imaging of dental disease in pet rabbits and rodents. *Vet Clin Exot Anim*. 19: 757-782. Doi: [10.1016/j.cvex.2016.05.001](https://doi.org/10.1016/j.cvex.2016.05.001).
- Crossley DA. 2001. Dental disease in chinchillas in the UK. *J Small Anim Pract*. 42: 12-19. Doi: [10.1111/j.1748-5827.2001.tb01977.x](https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2001.tb01977.x)
- Gracis M. 2008. Clinical technique: Normal dental radiography of rabbits, guinea pigs and chinchillas. *J. Exot. Pet Med*. 17(2): 78-86. Doi: [10.1053/j.jepm.2008.03.004](https://doi.org/10.1053/j.jepm.2008.03.004).
- Jekl V, Hauptman K, Knotek Z. 2008. Quantitative and qualitative assessments of intraoral lesions in 180 small herbivorous mammals. *Vet Rec*. 162: 442-449. Doi: [10.1136/vr.162.14.442](https://doi.org/10.1136/vr.162.14.442)
- Legendre LFJ. 2002. Malocclusions in guinea pigs, chinchillas and rabbits. *Can Vet J*. 43(5): 385-390.
- Legendre LFJ. 2003. Oral disorders of exotic rodents. *Vet Clin Exot Anim*. 6: 601-628. Doi: [10.1016/s1094-9194\(03\)00041-0](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(03)00041-0).
- Legendre L. 2016. Anatomy and disorders of the oral cavity of guinea pigs. *Vet Clin Exot Anim*. 19: 825-842. Doi: [10.1016/j.cvex.2016.04.006](https://doi.org/10.1016/j.cvex.2016.04.006).
- Maldonado Reséndiz RI y Brousset Hernández-Jáuregui DM. 2009. Aproximación diagnóstica y prevalencia de problemas dentales en roedores y lagomorfos recibidos en consulta en el Hospital Veterinario de Especialidades Bruselas S.C. *Veterinary Medicine*. 3(4).
- Mans C, Jekl V. 2016. Anatomy and disorders of the oral cavity of chinchillas and degus. *Vet Clin Exot Anim*. 19(3): 843-869. Doi: [10.1016/j.cvex.2016.04.007](https://doi.org/10.1016/j.cvex.2016.04.007).
- Mäkitaipale J, Harcourt-Brown FM, Laitinen-Vapaavuori O. 2015. Health survey of 167 pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Finland. *Vet Rec*. 177(16): 418. Doi: [10.1136/vr.103213](https://doi.org/10.1136/vr.103213)
- Minarikova A, Hauptman K, Jeklova E, Knotek Z, Jekl V. 2015. Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Vet Rec*. 177(8): 200. Doi: [10.1136/vr.103053](https://doi.org/10.1136/vr.103053).
- Mosallanejad B, Moarrabi A, Avizeh R & Ghadiri A. 2010. Prevalence of dental malocclusion and root elongation in pet rabbits of Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2(2): 109-116. Doi: [10.22067/veterinary.v2i2.8375](https://doi.org/10.22067/veterinary.v2i2.8375).
- Ramezani-pour M, Vajhi A, Rostami A, Masoudifard M. 2010. Radiographic evaluation of dental malocclusion and elongation of the teeth in rabbits: A retrospective study. *J Vet Res*. 65(4): 345-350.
- Reiter AM. 2008. Pathophysiology of dental disease in the rabbit, guinea pig, and chinchilla. *Journal of Exotic Pet Medicine*. 17(2): 70-77. Doi: [10.1053/j.jepm.2008.03.003](https://doi.org/10.1053/j.jepm.2008.03.003).

### Article citation

García MC, Maldonado RI. 2020. Prevalencia y hallazgos radiográficos en conejos, cuyos y chinchillas diagnosticados con maloclusión en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la UNAM, México. [Prevalence and radiographic findings in rabbits, guinea pigs and chinchillas diagnosed with malocclusion at the UNAM Exotic Pet and Wildlife Teaching Hospital, Mexico]. Rev Med Vet Zoot. 67(1):17-32. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n1.87676](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87676).



## Efecto de gas de formalina sobre el recuento de mesófilos en nailon comercial destinado a procedimientos quirúrgicos

R. González<sup>1\*</sup>, J. L. Arguello<sup>1</sup>, C. E. Britez<sup>1</sup>, M. J. Caballero<sup>2</sup>,  
Y. J. Bazár<sup>2</sup>, E. I. Maldonado<sup>3</sup>, J. D. Méndez<sup>4</sup>

Artículo recibido: 3 de octubre de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020

### RESUMEN

La investigación se realizó a fin de evaluar el efecto del gas de formalina sobre el recuento de mesófilos en nailon comercial (poliamida) destinado a procedimientos quirúrgicos. En primer lugar, se evaluó la contaminación de una muestra del material comercial de 1 g expuesta al ambiente de quirófano por 72 horas, a través de la técnica de recuento en placa para mesófilos; se obtuvieron 850 UFC/g. Una vez comprobada la contaminación de la poliamida comercial, esta se sometió a gases de formalina en comprimidos. Se colocaron 5 muestras (n=5) de nailon de 1 g cada una en 5 recipientes herméticos de 1 litro con 1 gramo de formalina cada uno; estos recipientes se almacenaron en un mueble en sala de esterilización a un metro de altura del piso y posteriormente, fueron abiertos y cultivados a través de la técnica de recuento en placa para mesófilos, uno por día a lo largo de 5 días a intervalos de 24 horas. Los resultados obtenidos no registraron crecimientos de microorganismos a partir de las 24 horas y durante los 5 días posteriores y se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Se concluye que bajo las condiciones del presente estudio el tiempo de esterilización de la formalina sobre nailon comercial es de 24 horas.

**Palabras clave:** formalina, esterilización, nailon comercial, recuento de mesófilos.

## Effect of formaline gas on the counting of mesophiles in commercial nylon destined to surgical procedures

### ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of evaluating the effect of formalin gas on the count of mesophiles in commercial nylon (polyamide) destined to surgical procedures. Firstly, the contamination of a 1 g commercial nylon sample, exposed to the operating room environment for 72 hours, was evaluated through the plate counting technique for mesophiles; it yielded a result of 850 CFU / gram. Once the contamination of the commercial polyamide was checked, it was subjected to formalin gases in tablets. Five nylon samples (n=5) of 1 gram each were placed in 5 1 liter airtight containers containing 1 gram of formalin; These containers were stored in a cabinet in the sterilization room one meter above the floor, and later opened and

<sup>1</sup> Cátedra de Técnica Operatoria, <sup>2</sup>Departamento de Post Grado, <sup>3</sup>Dirección Académica, <sup>4</sup>Tesista de Grado, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo (Paraguay).

\* Autor para correspondencia: [rgonzalez@vet.una.py](mailto:rgonzalez@vet.una.py)

cultivated through the plate counting technique for mesophiles, one per day for 5 days at 24 hour intervals. The results obtained after being exposed to formalin gases in tablets did not register growths of microorganisms after 24 hours and during the 5 days after the study, finding statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) in relation to the studied times concluding under the conditions of the present study that the sterilization time of the formalin on commercial nylon is equal to 24 hours.

**Key words:** formalin, sterilization, commercial nylon, count of mesophiles.

## INTRODUCCIÓN

Las infecciones hospitalarias o nosocomiales (del latín *nosocomium*, «hospital») son infecciones adquiridas durante la estancia en un hospital o por extensión de la asistencia sanitaria a otros ámbitos no hospitalarios. Estas infecciones son la complicación más frecuente de los tratamientos quirúrgicos. Representan un problema grave que limita los beneficios potenciales de las intervenciones quirúrgicas y tienen un enorme efecto en los costos de hospitalización y en la duración de la estadía postoperatoria (Friedman *et al.* 2002; OMS 2002).

Siempre que se altera la integridad de la piel, como ocurre durante la cirugía con la herida quirúrgica, los microorganismos pueden acceder a los tejidos internos y producir una infección. Estos microorganismos pueden tener un origen exógeno, es decir, proceder del aire, del instrumental quirúrgico, del personal sanitario o del paciente; o endógeno, es decir, microorganismos que se originan en el cuerpo del paciente. En este sentido, el objetivo principal de la asepsia es prevenir la infección quirúrgica a través de un conjunto de maniobras o procedimientos que tienden a evitar la contaminación de la herida quirúrgica (Block 2001).

Con fines de estudio la asepsia se divide en tres fases que son: la antisepsia, la desinfección y la esterilización. Esta última es la destrucción de todo tipo de

microorganismos, incluyendo formas de resistencia como esporas, de algún objeto como pueden ser los materiales de sutura, considerados materiales críticos ya que entran en contacto con la sangre y los tejidos y además, quedan implantados en el organismo. La destrucción implica la muerte de los microorganismos, es decir, la pérdida irreversible de su capacidad de reproducción en un medio adecuado. Un producto se considera estéril cuando la probabilidad de encontrar unidades contaminadas en él es menor o igual a  $10^{-6}$  (Botana *et al.* 2002).

La disponibilidad de métodos fiables de esterilización ha permitido los principales avances en la cirugía y en las técnicas médicas de carácter invasivo que han revolucionado la medicina (Fossum *et al.* 2009). La diversidad de materiales que se emplea en la cirugía hace necesario contar con sistemas de esterilización de gran eficiencia, a partir de estas bases se ha ideado usar como agentes sustancias químicas en estado gaseoso, dentro de las cuales se encuentra el formaldehído. El gas formaldehído está disponible en el mercado como solución acuosa de formalina al 10% o como polvo de paraformaldehído que contiene 91% de formaldehído (Friedman *et al.* 2002; Hernández y Negro 2013).

Hasta el momento existe poca experiencia documentada acerca del gas de formalina en su rol como agente esterilizante; tampoco existen antecedentes de investiga-

ciones similares que busquen determinar el tiempo necesario para alcanzar el efecto esterilizante de la formalina. Por su parte, Mosley (2008) aplicó formaldehído a alta temperatura en un autoclave como modelo para investigar fenómenos asociados a la esterilización química gaseosa, utilizando indicadores biológicos (*Geobacillus thermophilus*) y técnicas de recuperación de la población y fracción negativa para analizar las poblaciones sobrevivientes, expuestas a ciclos incrementales. Los resultados demostraron que las tasas de letalidad aumentaron con el tiempo durante todo el proceso de esterilización y asociadas con los datos de temperatura confirman que la mitad del tiempo del ciclo completo no es un buen estimador de la mitad de la letalidad del ciclo completo, porque las curvas de letalidad son cóncavas hacia abajo y la letalidad varía según la ubicación de la carga.

Maliza (2017) realizó un estudio *in vitro* para el cual se recolectaron 25 fresas dentales después de la atención al paciente y se las dividió en tres grupos: 1) para identificación de microorganismos; 2) para esterilización en autoclave; y 3) para esterilización con pastillas de formalina al 95%. El grupo sometido a las pastillas de formalina se subdividió a su vez en tres grupos: el primero, se colocó una pastilla de formalina junto a 5 fresas dentales durante 12 horas; al segundo, en otra funda, una pastilla de formalina junto a 5 fresas dentales por 24 horas, y finalmente, en la última funda se colocó una pastilla de formalina junto a 5 fresas dentales por 36 horas. Según los resultados obtenidos mediante los exámenes de laboratorio, se verificó la eficacia de la esterilización de las fresas dentales mediante autoclave al 100%, mientras que la esterilización con pastillas de formalina

por 12 horas resultó ser efectiva solo en un 60%. Sin embargo, a las 24 y 36 horas de esterilización las pastillas de formalina lograron una esterilización de las fresas del 100%. Por lo tanto, en el análisis comparativo autoclave versus formalina se puede observar que los dos métodos de esterilización son eficaces contra todo tipo de microorganismos, siendo el de mayor efectividad el autoclave que esterilizó el 100% de microorganismos presentes en una hora, mientras que las pastillas de formalina logran el mismo efecto pero solo partir de las 24 horas. No obstante, las pastillas de formalina demostraron ser superiores al autoclave y otros métodos de esterilización por ser compatibles con todo tipo de instrumental odontológico, garantizando una mayor durabilidad de los mismos sin generar alteraciones físicas después de múltiples procedimientos de esterilización.

El objetivo del presente estudio fue estudiar el efecto esterilizante del gas de formalina sobre el recuento de mesófilos en nailon comercial destinado a procedimientos quirúrgicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio experimental se realizó en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción (Paraguay). Se utilizó nailon comercial (polimaida) 0,40 mm transparente adquirido en ferretería, sometido a gas de formalina en comprimidos. Una vez adquirido el nailon se llevó al ambiente de quirófano y se expuso al mismo por 72 horas. Posteriormente, el material se cultivó en el laboratorio para verificar la contaminación del mismo. El material contaminado se seccionó en 5 trozos de 1 g cada uno, que posteriormente se colocaron en 5



**FIGURA 1.** Acondicionamiento de los recipientes en el mueble de servicio de cirugía dentro de la sala de esterilización.

recipientes de 1 l desinfectados con alcohol al 96%, herméticamente cerrados, que contenían 1 g de formalina cada uno. Los recipientes se acondicionaron en el mueble del servicio de cirugía dentro de la sala de esterilización, a una altura no menor a 1 m (Figura 1). Se midió la temperatura y la humedad relativa ambiental dos veces al día (9 y 13 hs) por medio de un termómetro e higrómetro analógico. Los recipientes se retiraron del mueble una vez por día durante los 5 días del estudio, se trasladaron cerrados directamente del quirófano al laboratorio del Departamento de Microbiología e Inmunología donde se abrieron bajo condiciones asépticas según procedimiento del laboratorio y se evaluaron a través del recuento de mesófilos por gramo.

Las muestras se procesaron por la técnica de recuento en placa para mesófilos para así obtener la cantidad de bacterias en unidades formadoras de colonias. Se introdujo el hilo en bolsas de Stomacher® al que se le agregó 9 ml de agua peptonada. A partir de este punto se realizaron las diluciones sucesivas extrayendo 1 ml del tubo y colocando en otro con 9 ml de agua peptonada, lo cual se realizó hasta obtener la dilución a la  $-6$ . Una vez realizadas las

diluciones se procedió al cultivo de las mismas por duplicado en agar de recuento en placa, colocando 100  $\mu$ l en cada placa y esparciendo con la espátula de Drigalsky® (cultivo en superficie) (Figura 2). Todas las placas se llevaron a la estufa a 37°C. Luego de 48 horas de incubación se procedió al conteo, para lo cual, se contabilizaron aquellas placas que contenían de 30 a 300 colonias y se multiplicaron por la inversa del factor de dilución.



**FIGURA 2.** Cultivo de las diluciones

Para determinar el efecto esterilizante del gas de formalina se hicieron evaluaciones antes y después de la exposición a los gases de formalina en comprimidos, a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas y se midieron y expresaron en Unidad Formadora de Colonias por gramo (UFC/g). Los resultados de la prueba de laboratorio se interpretaron de manera cualitativa, en estéril o no estéril. Las colonias se identificaron por medio de su morfología teniendo en cuenta sus características: pequeñas colonias blanquecinas, redondas de superficie lisa y bordes definidos.

## RESULTADOS

Como se aprecia en la Tabla 1, el material de sutura tipo poliamida se sometió a cultivo previo en el que se determinó una carga bacteriana de 850 UFC/ml. Posteriormente, una vez sometidos los materiales al gas de formalina el crecimiento fue nulo a partir de la primera evaluación, 24 horas después de iniciado el estudio, al igual que durante los cuatro días restantes que duró ( $p=0,03$ ).

En relación con la temperatura y la humedad relativa, en el presente estudio la temperatura máxima fue de 27°C y la mínima de 22°C, por su parte, la humedad

relativa máxima fue de 82% y la mínima de 38%.

Para establecer si las diferencias encontradas del efecto esterilizante de la formalina sobre el recuento de mesófilos en poliamida comercial destinada a procedimientos quirúrgicos fueron estadísticamente significativas, se utilizó la prueba exacta de Fisher, medianete el paquete estadístico Epidat® Versión 3.1, con un 95 % de confianza. Finalmente, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación resultan importantes, ya que la infección es un proceso dinámico que se produce como consecuencia de la penetración de gérmenes en los tejidos, poniendo de manifiesto la reacción orgánica frente a los microorganismos y sus toxinas. Se dice que hay una infección bacteriana cuando hay más de  $10^5$  bacterias por gramo de tejido. La ausencia de crecimiento de microorganismos determina un adecuado efecto esterilizante del gas de formalina. El formaldehído posee un alto poder microbicida, actúa por alquilación de la pared celular de los microorganismos,

**TABLA 1.** Resultados microbiológicos obtenidos en las muestras.

	Antes	Día 1 24hs	Día 2 48hs	Día 3 72hs	Día 4 96hs	Día 5 120hs	Valor de p
<b>Recuento (UFC/g)</b>	850	0	0	0	0	0	0,03
9:00 am	Temperatura	24°C	25°C	22°C	22°C	24°C	
	Humedad	65%	65%	62%	57%	38%	
1:00 pm	Temperatura	27°C	24°C	24°C	24°C	25°C	
	Humedad	70%	70%	76%	82%	62%	

desnaturaliza las proteínas y puede incorporar grupos alquilo en sus ácidos nucleicos (Doyle y Ernst 1967; Hoxey *et al.* 1984; Mosley 2008).

Se debe tener en cuenta que la esterilización con gas de formalina no produce deterioro del instrumental, sobre todo los odontológicos y oftálmicos, contrario a lo reportado con el uso del calor seco (horno de Pasteur) y el calor húmedo (autoclave); las pastillas son compatibles con todo tipo de instrumental sensible al calor. Es también importante destacar que el lavado y acondicionamiento de los instrumentales previo a la esterilización es fundamental, ya que cualquier residuo de suciedad puede alterar el proceso dejando puntos sensibles de contaminación que podrían llevar a la infección de la herida quirúrgica.

En un estudio realizado en caninos y felinos que se habían sometido a una intervención quirúrgica (1000 intervenciones en total), la tasa de infección/inflamación fue del 5,8%, mientras que la tasa de infección fue del 3%. La infección se definió como la presencia de drenaje purulento, un absceso o una fístula, mientras que infección/inflamación cuando la herida estaba infectada o cuando presentaba signos como rubor, tumefacción, dolor, calor, exudado seroso y dehiscencia de la herida. Estos resultados podrían estar relacionados con inadecuada esterilidad, incluyendo entre estos al material de sutura utilizado con frecuencia (Block 2001).

En el caso del presente estudio a utilización de la formalina, según propiedades por considerar en la elección de agentes esterilizantes gaseosos, resultó de aplicación sencilla ya que no requirió de operaciones complejas; no obstante, se sabe que el gas podría representar un riesgo para la salud del operario debido a sus descritos efectos cancerígenos, por lo cual, se re-

comienda una cuidadosa manipulación. Adicionalmente, fue compatible con el material esterilizado, ya que no se evidenció alteración alguna sobre él, estableciendo también una rápida acción, puesto que el tiempo para alcanzar el efecto de esterilidad fue solo de 24 horas, en concordancia con lo sugerido por algunos autores pues este tiempo debe ser lo más corto posible para que el instrumento pueda estar a disposición con rapidez (Nyström 1991).

A pesar de que se mencionan sus efectos cancerígenos, los aldehídos se usan cada vez más como agentes esterilizantes. Así, el glutaraldehído es ampliamente utilizado en hospitales, particularmente para endoscopios flexibles sensibles al calor; por su parte, en estado gaseoso, la esterilización con formaldehído, vapor de baja temperatura y formaldehído o LTSF por sus siglas en inglés, está reemplazando al óxido de etileno en la esterilización de equipos termolábiles, equipos eléctricos y objetos hechos de plásticos termolábiles en hospitales de Europa (OMS 2002).

El formaldehído como agente esterilizante es usado en algunos países europeos, como en Alemania, con la norma DIN 588948 que indica regulaciones muy estrictas. Por el contrario, ha sido rechazado por la Food and Drug Administration (FDA) para su comercialización en Estados Unidos, además está prohibido su uso en Canadá, Australia y Japón por ser un producto tóxico y posiblemente cancerígeno. De otra parte, en relación con la temperatura y humedad existen estudios que demuestran que la temperatura es crítica en la esterilización con formaldehído y que a concentraciones de 14 mg/l y temperaturas de 65°C o menores, hay una notable reducción de la inactivación de los microorganismos. Por esta razón, la esterilización con temperaturas bajo 65°C

ha sido cuestionada. A su vez, la concentración de formaldehído es importante en la acción esterilizante; Hoxey *et al.* (1984) demostró que a temperaturas de 80°C con una concentración de 27 mg/l se mejoraba la inactivación de los microorganismos. Otros autores demostraron que a 73°C mejoró la inactivación con el aumento de 3 a 12 mg/l, pero no se observó un aumento de la inactivación microbiana al incrementar la concentración de 12 a 18 mg/l (Sanz y Junco 2009).

En el estudio de Maliza (2017), mencionado en detalle en la introducción, en el cual se realizó un estudio comparativo entre pastillas de formalina al 95% versus autoclave para la esterilización de microorganismos presentes en fresas dentales, los resultados obtenidos confirmaron la eficacia de la esterilización en autoclave al 100% en las fresas dentales contaminadas, mientras que su esterilización con pastillas de formalina por 12 horas resultó efectiva solo en un 60%. Sin embargo, a las 24 y 36 horas de esterilización las pastillas de formalina lograron una esterilización de las fresas del 100%. Tales resultados coinciden con los del presente estudio, ya que pasadas las primeras 24 horas no se reportó crecimiento alguno de microorganismos en el material utilizado.

Hidalgo *et al.* (2006) desarrollaron un método de análisis microbiológico para evaluar la eficacia de la esterilización con formaldehído, cuyo principio se fundamentó en el uso de temperaturas bajas y formaldehído al 2% en fase de vapor como agente esterilizante. Las evaluaciones realizadas a esta tecnología se compararon con el método de referencia de esterilización química, que utiliza una mezcla de CO<sub>2</sub> con óxido de etileno. Para el análisis se emplearon fragmentos de catéteres compuestos químicamente por cloruro

de polivinilo y fluoroetileno propileno o teflón, previamente inoculados con cepas bacterianas de referencia, productoras de endosporas (*Bacillus stearothermophilus* y *Bacillus subtilis*) suspendidas en medios de cultivos con adición de materia orgánica e inorgánica, valorando el proceso en ambiente restringido de difusión del agente esterilizante. El resultado de las evaluaciones fue satisfactorio, obteniéndose 100 % de esterilidad para las condiciones planteadas por cada ciclo. Estos resultados coinciden con los encontrados en el presente estudio, aunque si bien existieron variaciones en la metodología, en ambos se obtuvo 100% de esterilidad (Serry *et al.* 2003).

En un estudio realizado por Abbott *et al.* (1956) se planteaba ya la problemática de la esterilización de materiales y drogas termolábiles y se introdujo a la esterilización fría como una herramienta valorable en la técnica aséptica. Se estudió la resistencia de sustancias cristalinas (el efecto de oclusión de esporas en presencia de materia orgánica e inorgánica) a la esterilización por gas a bajas temperaturas (formaldehído y óxido de etileno) y se observó específicamente que el sustrato compuesto por cristales de sales era capaz de bloquear más la difusión del agente esterilizante (Sherris 1990; Serry *et al.* 2003).

Por su parte, estudios realizados por Doyle y Ernst (1967) demostraron que este fenómeno también ocurría en procesos de humedad y calor seco a altas temperaturas, por lo que no estaba limitado solamente a procesos realizados a bajas temperaturas (Sumano y Ocampo 1997; Serry *et al.* 2003).

Foronda *et al.* (2005) realizaron un estudio con 86 piezas de instrumental odontológico utilizado en pacientes de la Clínica CES de Sabaneta (Colombia), el cual, luego del lavado corriente se expuso

a la formalina durante 12 horas luego de las cuales se hizo un frotis a cada instrumento. Se incubaron las muestras 12 horas y se hicieron repicas a las 36 y 48 horas obteniendo resultados negativos para crecimiento de microorganismos en todos los casos. El grupo control estuvo compuesto por 14 instrumentos a los que se les realizó el mismo procedimiento del grupo experimental, pero sin usar la formalina. La formalina fue 100% efectiva como agente bactericida en microorganismos aerobios.

En base a los resultados hallados en el presente estudio se recomienda como regla general un tiempo mínimo de esterilización con formalina durante 24 horas a temperatura ambiente. En lo posible la temperatura y la humedad relativa deben ser monitoreadas para que se mantengan en rangos óptimos, según las condiciones del presente estudio (22°C de temperatura y 38% de humedad relativa).

Se recomienda para futuros estudios evaluar el efecto esterilizante de la formalina sobre nailon comercial, en tiempos menores a 24 horas. También, puede ser estudiada la acción de la formalina sobre otros instrumentales quirúrgicos. En particular, sería importante, realizar un estudio comparativo del tiempo de esterilización con el óxido de etileno, que cuenta con características similares.

Finalmente, se recomienda hacer estudios con esporas de cepas de *B. licheniformis*, ya que demostraron ser potenciales indicadores biológicos para procesos de esterilización que usan aldehídos, debido a la resistencia que muestran a estas sustancias.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio el tiempo de esterilización de la formalina sobre nailon comercial es de 24 horas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott CF, Cockton J, Jones W. Science papers and discussions, resistance of crystalline substances to gas sterilization. *J Pharm Pharmacol.* 1956(6): 709-21.
- Block S. 2001. Disinfection, sterilization and preservation. 5ª ed. Carolina, Estados Unidos: Lippincott William & Wilkins. 1429 p.
- Botana LM, Landoni F, Jimenez M. 2002. Farmacología y terapéutica veterinaria. Madrid, España: Mc Graw-Hill Interamericana. 734 p.
- Doyle JE, Ernest RR. 1967 Resistance of *Bacillus subtilis* var. *niger* spores occluded in water-insoluble crystals to three sterilization agents. *Appl Microbiol.* 15: 726-30.
- Fossum T, Hedlund C, Hulse D, Jhonson A. 2009. Cirugía en pequeños animales. Trad. por Rubén Ángel Taibo. 3ª ed. Buenos Aires: Intermédica. 1282 p.
- Foronda E, Quemba J, Conde F, Correa P, Estrada S, Sanín A, Ceballos MT. 2005. La formalina como agente bactericida de microorganismos aerobios orales. *Revista CES Odontología.* 18(1): 9-13.
- Friedman N, Kaye K, Stout J, McGarry S, Trivette S, Briggs J. 2002. Health care-associated blood stream infections in adults: a reason to change the accepted definition of community-acquired infections. *Annals of Intern Medicine.* 137(10): 791-797.
- Hernández S, Negro V. 2013. Fundamentos de la cirugía veterinaria. Buenos Aires, Argentina: Bmpress. 275 p.
- Hidalgo R. 2006. Evaluación cuantitativa de eficacia de un esterilizador químico que emplea formaldehído 2% en fase de vapor a bajas temperaturas. *Revista Cubana Investigación Biomédica.* (Cuba). 25(1): 1-10.
- Hoxey E, Soper J, Davies G. 1984. Biological indicators for low temperature steam formaldehyde sterilization: effect of defined media on sporulation, germination index and moist heat resistance at 110 dEC of *Bacillus* strains. *Journal of Applied Bacteriology.* 58(1): 207-214.
- Maliza C. 2017. Estudio in vitro comparativo entre pastillas de formalina al 95.0 % versus autoclave para la esterilización de microorganismos presentes en fresas dentales de la unidad de



- atención odontológica UNIANDES. Ambato, Ecuador. 130 p.
- Mosley G. 2008. Using high-temperature formaldehyde sterilization as a model for studying gaseous sterilization. *Biomedical Instrumentation & Technology*. Lawrence. 42(3): 236-243.
- Nyström B. 1991. New technology for sterilization and disinfection. *The American Journal of Medicine*. 91(3): 264-266.
- [OMS] Organización Mundial de la Salud. 2002. Prevención de las infecciones nosocomiales (en línea). Suiza. 2ª ed. Consultado 10 jun 2018 Disponible en: [http://www.who.int/csr/resources/publications/ES\\_WHO\\_CDS\\_CSR\\_EP\\_H\\_2002\\_12.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EP_H_2002_12.pdf)
- Sanz L, Junco C. 2009. Identificación de la etiología de las infecciones bacterianas de las heridas operatorias. *Revista Hospitales Veterinarios*. 1(1): 24-34.
- Serry M, Kadry A, Abdelrahman A. 2003. Potential biological indicators for glutaraldehyde and formaldehyde sterilization processes. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 30(3): 135.
- Sherris J. 1990. *Microbiología médica*. Barcelona, España: Doyma. 1102 p.
- Sumano H, Ocampo L. 1997. *Farmacología veterinaria*. 2ª ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana. 680 p.

### Article citation

González R, Arguelo JL, Brites CE, Caballero MJ. 2020. Efecto de gas de formalina sobre el recuento de mesófilos en nailon comercial destinado a procedimientos quirúrgicos. [Effect of formaline gas on the counting of mesophiles in commercial nylon destined to surgical procedures]. *Rev Med Vet Zoot*. 67(1): 33-41. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n1.87674](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87674).

## Long term beef production in extensive cow-calf systems in the tropical savannas of eastern Colombia

R. R. Vera-Infanzón<sup>1,3\*</sup>, C. A. Ramírez-Restrepo<sup>2,3,4</sup>

Artículo recibido: 14 de agosto de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020

### ABSTRACT

Replacement beef heifers in extensive systems of the neotropical savannas of Colombia are low priority animals and are assigned to native savannas and low-quality pastures, with scarcely researched long-term consequences. The study pooled data from four contemporary grazing experiments to determine the effects of low growth rates of heifers on their lifetime production of liveweight gains (LWGs) per year and per hectare (ha) subject to different management strategies. Three growth rates were imposed on grazing heifers during the growing phase (i.e. nine-36 months of age) on *Brachiaria humidicola* pastures. Upon the end of the previous phase, animals were allocated to a *B. humidicola* paddock with a reduced stocking rate or introduced to a *B. decumbens* sward to allow compensatory LWGs during the breeding phase (i.e. cows plus weaned calves). Severely limited heifers allowed to make compensatory growth did not reach the outputs of better fed animals. Regardless of the strategy followed, high producing years tended to be followed by lower production in the following year. Comparison with reasonably fed breeding cows full-time on well-managed *B. decumbens* showed important and significant differences in favor of the more intensive system over the lifetime of the animals. Over the nine-year period, the systems' beef output (i.e. weaned calves plus cows' LWGs) ranged between 86 and 206 kg/ha/year and demonstrated that a wide array of low input management alternatives is feasible. Beef output increases if the LW of cull cows is considered, particularly if they are allowed a short period of fattening during the rainy reason on a low input pasture.

**Keywords:** replacement beef heifers, growth, lifetime performance, compensatory growth, management strategies.

<sup>1</sup> R. R. Vera Infanzón Private Consultant Services, 2 Norte 443, Viña del Mar (Chile).

<sup>2</sup> CR Eco-efficient Agriculture Consultancy (CREAC<sup>TM</sup>), 46 Bilbao Place, Bushland Beach, QLD 4818 (Australia).

<sup>3</sup> Formerly International Center for Tropical Agriculture, CIAT, Km 17 Cali-Palmira CP 763537, Apartado Aéreo 6713, Cali, Valle del Cauca (Colombia).

<sup>4</sup> Formerly Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO Agriculture, Australian Tropical Sciences and Innovation Precinct, James Cook University, Townsville Campus, QLD 4811 (Australia).

\* Corresponding author: [rvi.2005@gmail.com](mailto:rvi.2005@gmail.com)

## Producción continua de carne en sistemas extensivos de cría en las sabanas tropicales del oriente de Colombia

### RESUMEN

Las novillas de reemplazo en los sistemas extensivos de cría de los Llanos Orientales de Colombia son animales de baja prioridad para el productor y generalmente se les asignan sabanas nativas o pasturas de baja calidad. Las consecuencias de dicha estrategia de manejo han sido poco investigadas. Este trabajo reunió datos de cuatro experimentos de pastoreo contemporáneos y de largo plazo para estimar el efecto de las bajas tasas de crecimiento sobre la ganancia de peso por año y por hectárea (ha) de novillas sometidas a diferentes estrategias de manejo. Se usaron tres cargas animales durante la fase de crecimiento para lograr tasas de crecimiento contrastantes entre los nueve y 36 meses de edad, con pasturas de baja calidad de *Brachiaria humidicola*, caracterizadas por bajo contenido de proteína bruta y baja digestibilidad. Durante la fase de cría y reproducción las novillas pasaron a pasturas de *B. humidicola* o de *B. decumbens* con cargas reducidas, para permitir ganancias de peso compensatorias. Los animales de menor ganancia durante el crecimiento no lograron ganancias compensatorias que les permitieran alcanzar a aquellos mejor alimentados. Independientemente de la estrategia de alimentación, años de relativamente alta producción fueron seguidos por años de baja producción en forma cíclica. La comparación con animales mejor alimentados con pastura de *B. decumbens* bien manejada, mostró diferencias considerables y significativas acumuladas durante su vida útil. A lo largo de nueve años de experimentación, la producción de ganancia de peso de vacas más terneros destetos varió entre 86 y 206 kg/ha/año, demostrando las consecuencias de largo plazo del amplio rango de estrategias de manejo experimentadas. La producción de carne en estos sistemas se puede aumentar si se le suma el peso de vacas de descarte, particularmente, si se les permite un periodo de ceba corto durante la estación lluviosa, incluso usando pasturas de calidad baja.

**Palabras clave:** novillas de reemplazo, crecimiento, vida útil, crecimiento compensatorio estrategias de manejo.

### INTRODUCTION

The tropical savannas of Northern South America located in the Orinoco River watershed cover 450,000 km<sup>2</sup>, between Eastern Colombia and Southern Venezuela. The well drained Eastern Plains of Colombia ("Llanos", 170,000 km<sup>2</sup>) extend to the right of the Meta River until it discharges in the Orinoco River. Approximately one-third of the area is high plain savannas and two thirds are rolling savannas. The Llanos are covered by tropical isohyperthermic savannas

characterized by considerable plant and animal diversity. However, they provide low yields of low-quality forage growing on acid soils with deficient nutrient contents. In this context, Fisher *et al.* (1996) and CIAT-CIRAD (2001) made a detailed description of the region, while Rausch (2015) described the historical evolution of the area and noted that extensive cow calf systems constitute the traditional use of these savannas. Over the last 30 years an increasing proportion of introduced sown tropical grasses have contributed to

the intensification of cattle production systems. Cattle fattening constitutes the primary use of these relatively expensive sown pastures. Nevertheless, the rolling savannas supported by superficial soils cannot generally be tilled. Beef breeding herds are mainly restricted to native savannas and occasional use of sown pastures receiving low external inputs (Rivas *et al.* 2013; Ramírez-Restrepo and Vera 2019; Ramírez-Restrepo and Vera-Infanzón 2019; Ramírez-Restrepo *et al.* 2019a).

Cow-calf extensive systems in the tropical savannas are notoriously variable in year-to-year reproductive and overall performance indices (Kleinheisterkamp and Habich 1985; O'Rourke 1986; O'Rourke *et al.* 1991; Cerón *et al.* 2017) due to nutritional and management limitations (Lascano 1991; Pereira *et al.* 2003; Ezenwa *et al.* 2006), and a negative correlation between pregnancy tests in consecutive years was reported by Kleinheisterkamp and Habich (1985). The above constraints make research particularly difficult due to variable results, and require a considerable number of animals over extended periods (O'Rourke 1986; O'Rourke and Howitt 1986; Ramírez-Restrepo and Vera-Infanzón 2019). Therefore, it is not surprising that the amount of research on extensive breeding systems is very restricted in the Llanos (Stonaker *et al.* 1976; Ramírez-Restrepo *et al.* 2019a).

The use of grasses with low nutrient requirements such as *Brachiaria* (syn. *Urochloa decumbens* (*Bd*; signal grass), *B. brizantha*, and *B. humidicola* (*Bh*; cv Llanero) has increased over the last decades in the region and they may improve female reproductive performance (Vera *et al.* 1993, 2002; Vera and Ramírez-Restrepo 2017), contribute to cattle fattening

(Ramírez-Restrepo and Vera 2019); and/or maintain cattle that are of low priority for graziers such as young animals, particularly when *Bh* is used (Vera and Hoyos 2019). *B. humidicola* cv. Llanero (accession CIAT 679) is reputedly a low-quality forage when grazed by young stock (Hoyos and Lascano 1988), but cows and older steers can realize acceptable compensatory liveweight gains (LWGs; Ramírez-Restrepo and Vera 2019). Additionally, persistent *Bh* is associated with its biological-nitrification-inhibition (BNI) capacity, inhibition of soil-nitrifier activity, and suppression of nitrous oxide gas emissions (Subbarao *et al.* 2017). These findings suggest that there is considerable latitude in managing sown pastures for beef production in integrated ranching approaches.

Nevertheless, knowledge of the mechanisms that promote heifers' body growth and link it to lifetime breeding efficiency in extensive tropical cow-calf systems is limited (Wathes *et al.* 2014), but it is essential to develop sustainable production systems. Poppi *et al.* (2018) recently remarked the continuing importance of research on the effects of growth rate on the performance of cattle grazing tropical pastures, and noted the financial risks involved in different growth paths.

To the authors knowledge, there are no reports regarding lifetime LW yields of unsupplemented breeding herds composed of Brahman (*Bos indicus*) and crossbred [Brahman x San Martinero (native; *B. taurus*)] cattle grazed on these *Brachiaria* spp. In this context, we hypothesized that early growth patterns would affect lifetime production of beef commercial cow-calf systems raised on *B. decumbens* and *B. humidicola* pastures subject to extensive management in four complementary, long-term trials.

## MATERIALS AND METHODS

### Location

The experiments reported were conducted over a nine-years period at Carimagua Research Center (CRC; 4°36'44.6"N, 74°08'42.2"W) located in the well-drained tropical savannas (Vera, 1991; Vera *et al.* 1993, 2002) of the Colombian Meta Department. Their results apply to the savanna municipalities of Puerto López and Puerto Gaitán, 3° 55' to 4° 20' North latitude, and 72° 1' to 72° 55' West longitude, where other complementary studies were conducted over 20 years (Vera and Hoyos 2019).

### Animals

In all cases, Brahman heifers used ( $n = 149$ ) born on native savanna were reared and weaned at an average age of 270 days (140 kg LW), and allowed to reach 170 kg LW before randomly entering the experiments. Across years, LWG ( $n = 5000$ ), reproductive ( $n = 550$ ) and mortality ( $n = 8$ ) events were recorded. They were used to construct the dataset presently used to assess LW performance during the "Growing" (i.e. nine-36 months of age) and "Breeding" (i.e. cows plus weaned calves; Holroyd and McGowan 2014) phases in terms of beef output per head, hectare (ha), and calendar year. Continuous mating was used in three experiments. Although calendar years do not necessarily coincide with reproductive events, they constitute the common unit of time used by ranchers for budgeting purposes.

### Ethical considerations

Following national animal husbandry regulations, care of the experimental animals was supervised daily at CRC by registered Colombian Doctors of Veterinary Medicine (DVM) including the second author.

Cattle had always free access to fresh water and to a complete commercial mineral supplement containing as-fed 17.5%, 26.9%, 8.0%, 13.7%, 2.0%, 0.104%, 0.35%, 0.001% and 0.0076% of Na, Cl, P, Ca, S, Cu, Zn, Co and I, respectively (Ramírez-Restrepo and Vera 2019).

### Measurements

Heifers were weighed at monthly intervals during the Growing phase. During the Breeding phase, they were subject to continuous mating using regularly tested purebred Brahman bulls, which were rotated every three months from a pool of ~ 20 bulls. The pregnancy status (rectal palpation) and LWs of cows were recorded four times per year. Birth weights of newborn and sequential identification were recorded in the field within 24 hours of calving. Suckling calves were weaned at approximately 270 days of age. At the end of experimentation, cows joined the main commercial CRC herd, and if empty, after two consecutive pregnancy diagnosis, all infertile-dry cows were subjected to a fattening period for achieving slaughter LWs (Ramírez-Restrepo and Vera 2019).

### Experiment 1

The trial consisted of three growth treatments using individual animals as observation units. Stocking rates (SRs) of 2.72, 1.94 and 1.45 animals/ha were used to achieve low (L), medium (M) and high (H) rates of growth (Table 1). The aim was to mimic the range of weight gains observed in the commercial herd in much larger savanna paddocks at CRC as well as in a range of private ranches (Vera and Hoyos 2019). A total of 51 heifers [ $171 \pm 3$  kg initial LW (ILW);  $441 \pm 10$  days of age] were used until reaching the target breeding weight of 270 kg while

grazing three contemporary and adjacent *Bh* cv Llanero paddocks. Further details on pastures and their attributes are given below. The subsequent individual reproductive performance during the following six-year period was monitored while subject to common grazing on another contemporary *Bh* pasture stocked at 1.5 animals/ha. Individual reproductive performance and time and LWs to reach different reproductive events were analyzed by Vera (1991) and Vera *et al.* (1993, 2002), and are therefore not included here. The present paper reports yearly LWGs of the heifers-cows and that of the cow-calf pairs as well as their production per ha. These animals constituted temporal replicate one.

**Experiments 2 and 3**

Experiment 2 constituted a temporal replicate of Experiment 1 during the Growing period using the same treatments (L1, M1,

H1; Table 1), the same SRs and the same *Bh* paddocks, with a total of 42 animals (165 ± 2 kg ILW, 410 ± 17 days of age). Upon reaching the target weight of 270 kg, the three groups were equally split into two subsequent grazing treatments during the Breeding phase (low, *l*, and high, *h*, respectively) that lasted six years. This provided a 3 x 2 factorial combination of before and after treatments (H1*h*, H1*l*; M1*h*; M1*l*; L1*h*, and L1*l*, respectively). In the Breeding phase, the low treatment animals (i.e. H1*l*, M1*l*; L1*l*) remained on a common *Bh* pasture, whereas the high (i.e. H1*h*, M1*h*; L1*h*) counterparts grazed a contemporary, well managed, *Bd* pasture stocked at 1.5 animals/ha and managed as described below, in order to achieve contrasting LWGs during that phase. The design therefore mimics studies on compensatory growth whose importance for tropical cattle was recently reviewed by Poppi *et al.* (2018).

**TABLE 1.** Least squares means (LSM ± SEM) values of daily liveweight gains (DLWG, kg/head) during the Growing phase, in two temporal replicates at Carimagua Research Station, Colombia.

Growth treatment	Replicate	DLWG, period 1	Replicate	DLWG, period 2
L	1	0.061 ± 0.014	1	0.220 ± 0.018
M	1	0.197 ± 0.014	1	0.174 ± 0.015
H	1	0.251 ± 0.014	1	0.143 ± 0.018
L1	2	0.108 ± 0.021	2	0.110 ± 0.021
M1	2	0.192 ± 0.021	2	0.229 ± 0.021
H1	2	0.203 ± 0.021	2	0.107 ± 0.021
Overall LSM		0.165		0.211
RSME		0.034		0.072
Treatment <i>p</i>		< 0.0001		< 0.0001

The first period corresponds to the application of the initial low (L), medium (M) and high (H) rates of growth to maiden heifers on *Brachiaria humidicola*. The second period corresponds to the same heifers with less than 2.5 months of pregnancy during the mating season. RSME is the root mean square error.

Experiment 3 consisted of 33 heifers ( $271 \pm 16$  kg;  $806 \pm 138$  of age) that were raised and maintained as a positive control (Vera *et al.* 2002) on a well-managed *Bd* pasture (see below), adjacent to the other experimental paddocks, and stocked at 1.5 animals/ha. Their Growing phase was very short, and their data is not included in the joint analysis of the growing phase. Overall, Experiments 1, 2 and 3 overlapped for the duration of the experimental period except for the initial year.

#### Experiment 4

Briefly, the research (Ramírez-Restrepo and Vera 2019) analyzed the LW of cull, non-pregnant-dry cows during three consecutive years ( $n = 9$  per year;  $309 \pm 15$  kg ILW,  $8.7 \pm 0.54$  years;  $296 \pm 17$  kg ILW,  $10.9 \pm 0.61$  years and  $314 \pm 15$  kg ILW,  $11.4 \pm 0.54$  years of age, respectively). They continuously grazed a *Bh* pasture stocked at 1.5 animals/ha and close to the rest of the remaining experimental paddocks, unencumbered by reproductive events during 160-180 days of the rainy season (April-November). The experiment overlapped the last three years of Experiments 1, 2 and 3, and it provides evidence on the LWGs of the last productive stage of female cattle as cull cows.

#### Pasture management and attributes

All four experiments were located in paddocks contiguous to one another at CRC. Pastures were established on the same soil type and topography, with minimal fertilization (20 kg/ha of P and K each) at least two years before the beginning of Experiment 1. Thereafter, paddocks were subject to the same strategy of minimal fertilization using 20 kg/ha of P every three years.

Average forage dry matter (DM) on offer in the *B. humidicola* cv. Llanero (CIAT

679) pastures were 3,584, 1,216 and 111 kg/ha for the low, medium and high SRs, respectively, with insignificant differences between the wet and dry seasons. Nevertheless, there was a large difference between seasons in the contents of green leaf, which amounted to 10.0-11.1 g/100 g of pasture during the dry period, and 20-30 g/100 g of forage over the length of the rainy season. These differences were associated with crude protein (CP) contents of 70-80 g/100 g DM and 80-130 g/100 g DM during the dry and rainy seasons, respectively. The *in vitro* DM digestibility (IVDMD; g/100 g DM) varied from a high value of 58 to 65 at the highest SR in the dry season, to values between 56 and 62 at the lowest SR, in rainy season.

Mean forage DM and leaf CP content in the *B. decumbens* pasture offered in the dry season were 3,350 kg/ha and 9 g/100 DM, respectively, while in the rainy season corresponding values were 2,600 kg/ha and 14 g/100 DM. The IVDMD was 61 and 69 g/100 g DM for the dry and wet seasons respectively.

#### Statistical analyses

The data was rearranged on the basis of calendar years to allow computation of yearly LWGs. Graphical analyses of the data per year, per period and per phase (Growing and Breeding, respectively) were carried out to determine the distributional properties of the data, including calculation of boxplots, means, medians, and outliers using Proc Boxplot and Proc Univariate (SAS® 2009).

Each of the experiments was analyzed separately, followed by joint analyses as described below. Subsequently, the Growing phase of Experiments 1 and 2 was split into two periods (Table 1). Period 1 coincides with the duration of the

initial treatments, lasting 100-417 days depending upon the initial growth treatment, whereas period 2 extends from the end of initial treatments until the heifers reached 2-3 months of pregnancy based on the assumption that they continued to grow and that stage of pregnancy did not significantly influence weight gains. The statistical model included the effects of the growth treatments imposed on heifers and cows, replicates or periods (fixed effects), and animals (random effect), plus all the corresponding interactions (as applicable). Non-significant effects were discarded in the final analyses. Effect sizes [partial omega-squared statistic ( $\omega^2$ ) were calculated (alpha set to 0.10 for confidence coefficients, with the F test set at 0.05)].

Consecutive LWs were fitted to generalizable linear mixed models with SAS (2009) Proc GLIMMIX using year, treatment and the animal x year interaction; given that animals were treated as random variable the interaction with year is also random. Production per ha during the breeding phase refers to the yearly change in cows' LW plus that of their weaned calves (Holroyd and McGowan 2014).

Scatter plots of lifetime weight gains per head and per ha were subjected to locally weighted smoothing using SAS® (2009) Proc LOESS with year as regressor variable to verify graphically the separation between treatments.

All values are presented as least squares means (LSM). Precise model  $p$ -values are shown when available, standard error of the means (SEM) were determined by bootstrapping for important parameters (Chernick 2008), and confidence intervals were calculated since the emphasis of all analyses is on confidence intervals rather than  $p$  values (Halsey *et al.* 2015; Waserstein and Lazar 2016).

## RESULTS

### Growing phase

Growth treatments significantly ( $p < 0.0001$ ) influenced average yearly LWG/head in Period 1. Table 1 shows the repeatable performance of the two replicates, and consistent differences between treatments. When one half of the animals of replicate 2 were allowed to graze the better quality *Bd* pasture (in Period 2), a large and significant compensatory growth occurred (Table 2) as soon as the pasture restriction was removed. The effect sizes yielded low to moderate values (0.15-.022) of the  $\omega^2$  statistic, and were interpreted according to Keppel and Wickens (2004).

Growth rates in the second temporal replicate for the H1, M1 and L1 treatments over the experimental period of 377, 497 and 484 days, showed a significant ( $p < 0.01$ , Table 1) and generally large advantage of animals' subject to the H1 and M1 treatment during period 1, and an even larger advantage when subject to the *h* treatment during period 2, relative to animals in either the L1 or *l* treatments, respectively (Tables 1 and 2).

The previous results contrast with that of annual LWG/ha that showed different ( $p < 0.01$ ) temporal behaviors depending upon the growth treatment (Figure 1). There were significant ( $p < 0.001$ ) differences in yearly LWG/ha between treatments applied during the Growing phase. Pooled means and their confidence intervals for all H, M, and L treatments were 68 (66-70), 101 (98-103), and 117 (115-119) kg/ha/year, respectively. Figure 1 depicts the temporal trends of LW, and shows an expected spurt of compensatory growth for L in the second half of the Growing phase. As indicated previously, the Growing phase on *Bd* (Experiment



**TABLE 2.** Treatment mean live weight gains (LWGs, kg/ha/year), averaged over 9 years, and mean annual LWGs during consecutive years averaged across experimental treatments. Data are least square means with their respective confidence intervals between parentheses.

<i>Brachiaria decumbens</i>	Treatments									Pooled mean $\pm$ RSME
	H	M	L	H1 + h	H1 + l	M1 + h	M1 + l	L1 + h	L1 + l	
231	146	173	148	131	101	143	133	112	102	139 $\pm$ 82
(224-238)	(142-151)	(167-180)	(144-152)	(127-134)	(98-104)	(136-151)	(136-151)	(110-114)	(99-105)	
Experimental years										
kg/ha/year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	110	41	152	112	136	115	197	110	198	
	(37-183)	(-33-114)	(85-218)	(70-155)	(95-178)	(73-157)	(155-239)	(60-159)	(139-256)	

Low (L), medium (M) and high (H) rates of growth during the Growth phase on *B. humidicola* followed during the Breeding phase by grazing on *B. humidicola* (low, l) or *B. decumbens* (high, h) pastures. RSME: root mean square error.

3) was very short, with individual gains of  $0.419 \pm 0.071$  kg/day, equivalent to 229 kg/ha/year.

### Breeding phase

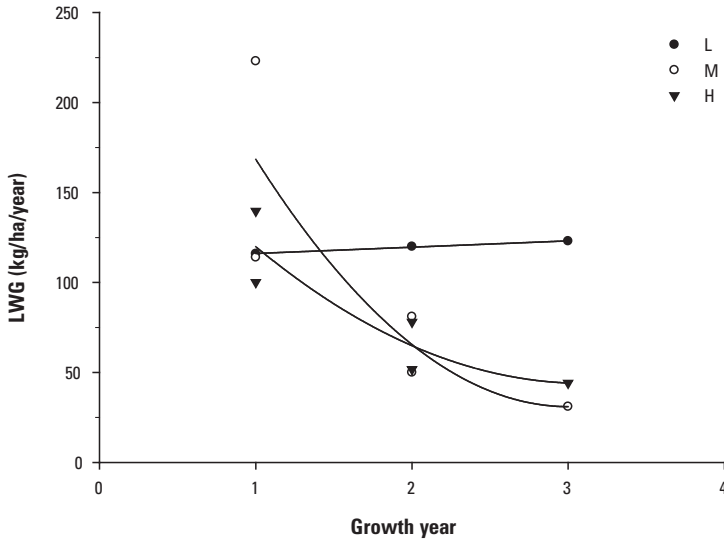
Cow's LWGs/head and per year during the breeding phase were low, very variable, and did not differ between any of the treatments ( $p > 0.05$ ), with an average gain of  $12.9 \pm 31.2$  kg/head/year (range 4.6 to 15.0 kg). There was a significant year effect ( $p = 0.0043$ ), with alternating low and high values of 49, 16, -10, 14, 1, -7, -2 kg/ha from year 1 to 7 of the breeding phase, respectively.

Liveweight gains per ha and year during the breeding phase were composed almost exclusively of the calves' weaning weights. The overall mean gain across all treatments was  $147 \pm 90$  kg/ha/year. Years in the Breeding phase had a significant effect on performance per ha ( $p = 0.031$ ), characterized by alternating high and low production in consecutive years. The

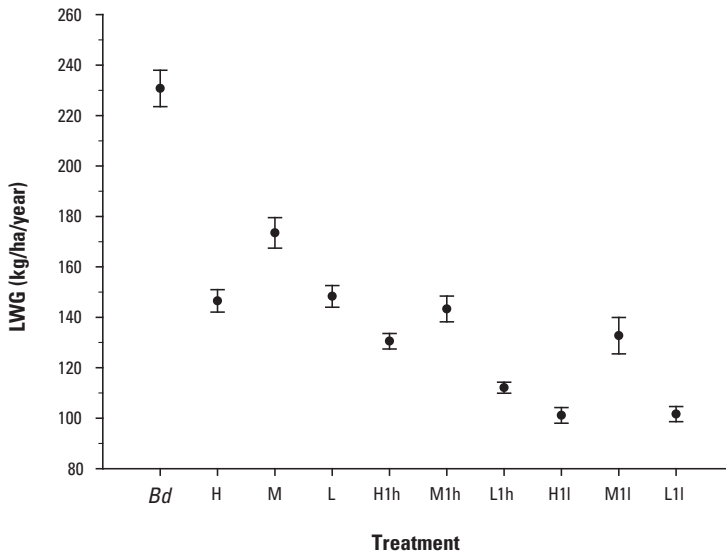
cyclical behavior of animal performance anticipated the behavior of lifetime performance (Table 2). There were significant and practically important differences between treatments in the two replicates examined (Figure 2), including the  $3 \times 2$  factorial combination of Experiment 2. Twofold important differences included that between animals on *Bd* versus the rest, and that between H1h and M1h and the low treatments. The  $\omega^2$  statistic was 0.41, and the breeding treatment  $\times$  year interaction was NS ( $p > 0.05$ ).

### Lifetime performance

The sum of yearly LWGs per ha over nine consecutive years of experimentation was taken as an indication of lifetime performance of the breeding system. Averaged across years, LWG was  $139 \pm 82$  kg/ha/year, and the differences between treatments (Table 2) paralleled those shown in Figure 2. Similarly, to what was observed in the Growing and Breeding



**FIGURE 1.** Temporal evolution of liveweight gain (LWG) during the Growing phase for low (L), medium (M), and high (H) contrasting growth rate treatments.



**FIGURE 2.** Mean lifetime liveweight gain (LWG) in all treatments. Data consists of jackknifed means and their standard errors. *Brachiaria decumbens* (Bd), H, M and L correspond to high, medium and low treatments, lower case letters identify high, medium and low treatments applied during the breeding season only, all on *B. humidicola* pastures.

phases, there was a regular alternation of high and low performance in successive years (Table 2). Nevertheless, the LOESS analysis revealed a consistent, and less variable, superiority of the *Bd* treatment over all of the pooled H and L treatments (with means of  $232 \pm 75$ ,  $135 \pm 78$  and  $125 \pm 85$  kg/ha/year, respectively) with a clear discrimination between *Bd* and the rest.

The growth of non-gravid, dry, cull cows on *Bh* (Experiment 4) measured on three consecutive years and standardized to 180 days of the rainy season averaged  $0.458 \pm 0.094$  kg/head/day. This is equivalent to  $82 \pm 4.8$  kg/head and  $123 \pm 15$  kg/ha/year over the experimental period.

## DISCUSSION

The Colombian Llanos have a long and rich history of extensive beef cattle production which constitutes the main land use system of the region (Huertas-Ramírez and Huertas-Herrera 2015; Rausch 2015). However, in the context of climate variability (Ramírez-Restrepo and Charmley 2015; Tapasco *et al.* 2015), there is increasing pressure for the primary sector to achieve sustainable intensification, preserve ecosystem services, and meet national and global food demands (Boron *et al.* 2016; Norton 2017). In parallel, the gradual introduction of crops and plantations in the region increases the competition for, and the value of, tillable savanna lands. *Brachiaria humidicola* is a popular species throughout the lowland tropics, although its nutritive value is consistently low across a variety of environments and independently of SR (Ezenwa *et al.* 2006; Pereira *et al.* 2009). Ramírez-Restrepo and Vera (2019) confirmed the low to modest nutritive values of both grass species using fecal analyses across four

classes of beef cattle in a contemporary, long-term experiment located next to the present ones.

A large (2,000 ha) five-year experiment reported by Rivera (1988) studied the performance of breeding herds and growth of heifers on two types of high-plains native savannas differing in soil texture. Rivera (1988) found heifers LWGs of  $0.221 \pm 0.024$  kg/head/day (range 0.192-0.229) in five large (250 ha each) medium texture savanna paddocks next to our experiments, and  $0.113 \pm 0.020$  kg/head/day (range 0.093-0.115) on three sandier savanna paddocks. Thus, the treatments tested in Experiments 1 and 2 were successful in replicating savanna-based LWGs on smaller, better controlled paddocks of *Bh* since they stranded well the individual performance reported by Rivera (1988) and Vera and Hoyos (2019). The latter results were obtained in a variety of highly representative native savannas stocked at much lower rates than that possible on *Bh* (0.15-0.25 versus 1-1.5 head/ha, respectively), and contrast markedly with the performance observed on *Bd* (stocked at 1.5 head/ha; Experiment 3).

Growth treatments had a modest influence on overall weight gains per head and per ha during the Growing period, as revealed by the statistical analysis and the  $\omega^2$  statistic, in part due to the expected high variability observed. Nevertheless, low to medium effect sizes ( $\omega^2$ ) are generally of more interest than larger, evident, values (Keppel and Wickens 2004). Contrary to the initial hypothesis, differences in early growth rate of heifers were generally not carried over to lifetime LWGs per head with the exception of the two extreme treatments (*Bd* and L11, respectively). The relatively large value of  $\omega^2$  and the loess analyses coincided in the superiority of

the long-term *Bd* treatment. Within those limits, the data demonstrates a considerable range of alternative growth rates that resulted in similar, but variable, lifetime performance, but the year-to-year cyclical performance was large. This indicates the need for long-term evaluation in these extensive and highly variable production systems. As Roche *et al.* (2015) pointed out, the manager's challenge is to assess the economics of different paths in light of the existing feed resources, environmental constraints, and prices of inputs and outputs.

There was an overall superiority of growth and breeding performance in the *Bd* treatment that was higher than that of any other combination of low and high treatments, and that is consistent with its higher nutritive value (Lascano and Euclides 1996). Growth rates of replacement heifers in moderately intensive systems are considered to impact lifetime productivity (Patterson *et al.* 2003) and financial returns. Nevertheless, this is not so clear when prospective bio-economic experiments have been carried out in the context of extensive grazing systems (Roche *et al.* 2015). It would generally be expected that increasing the growth rate of replacement heifers would lead to improvements in systems performance and this may certainly be the case in more intensive grazing systems (Wathes *et al.* 2014). This expectation was not fulfilled in the present experiments unless breeding heifers and cows were allowed to graze full time on *Bd*. It is clear from Experiments 1 and 2 that the growth rates of heifers were low, even in the best before-and-after treatments. The review by Funston *et al.* (2012) suggested that it is unlikely that high heifer growth rates would result in significantly improved beef

output of extensive systems. It is therefore hypothesized that this may be one of the reasons behind the low priority assigned by ranchers to growing replacement females on costly sown pastures requiring higher physical and management inputs. This claim would argue against the logic of raising heifers on pastures such as *Bd* (Experiment 3), usually assigned to fattening steers that provide higher short-term financial returns. This view coincides with that expressed by Poppi *et al.* (2018) to the effect that under some conditions, a minimalist approach to feeding grazing cattle may be economically optimal; this argument may explain the popularity of low input tropical pastures among ranchers in some regions.

As expected, growth rates during the growing phase generally decreased with time (Figure 1) as animals asymptotically approached the mature weights allowed for by the respective nutritional treatments (Vera *et al.* 1993), with the exception of the L growth rates. The late growth spurt of the L growth treatment during the Growing phase, allowed for by the necessary early removal of these animals from their treatment, resembles the strategy tested by Lynch *et al.* (1997) who maintained heifers with low LWGs during the initial two thirds of the development period, followed by a high growth rate in the last third. However, Lynch *et al.* (1997) did not find significant differences in reproductive performance compared to heifers that grew at a constant rate. Their findings are similar to those of Vera (1991) and Vera *et al.* (1993) that used much lower growth rates compared to Lynch *et al.* (1997). Nevertheless, contrary to Lynch *et al.* (1997), Vera *et al.* (1993) found also a negative carry-over effect of low early growth rate until the 4<sup>th</sup> calving, probably

due to the limited opportunity afforded by *Bh* to realize compensatory LWGs in mature, breeding cows.

Long inter-calving intervals, together with continuous mating, result in large year-to-year variations in extensive beef production of tropical breeding herds (O'Rourke *et al.* 1991; Fordyce *et al.* 2013, 2014; Cerón *et al.* 2017). In parallel, beef output should also show year-to-year variations, as demonstrated here, but the magnitude of this phenomenon has not been previously reported. The repetitive two-year cycles of low production followed by higher yields in the following year (Table 2) is probably associated with the alternating low and high reproductive rates reported by Kleinheisterkamp and Habich (1985) for ranches in the region. Regardless of the magnitude of the year-to-year variation in breeding performance, our results reiterate the need to study extensive tropical cow-calf enterprises over the long term. Admittedly, given current trends in financing cattle, this would be difficult to achieve, and that can alternatively be approached via simulation studies (Pullet and Martin 2017; Ramírez-Restrepo and Vera 2019; Ramírez-Restrepo and Vera-Infanzón 2019; Ramírez-Restrepo *et al.* 2019a, 2019b, 2020).

The well-established curvilinear relationships of SR with individual performance and with beef output per ha in steers (Mott 1961), that result in maximal output per ha with less than optimal individual gains, appear to extend to equivalent parameters in breeding herds as demonstrated here. Our M and M1 treatments of Experiments 1 and 2 only yielded the other growth rates. These findings do not appear to have been reported previously for breeding herds.

In comparison, the difference in lifetime production with animals raised and

bred full time on *Bd* was large and practically important amounting to 70 kg/ha/year relative to those animals grown on *Bh* and bred on *Bd*. The above differences would be larger if it is considered that heifers grown on *Bh* required between two and three years to reach first conception depending upon the severity of undernutrition, versus 18 months for those on *Bd* (Vera *et al.* 2002). Differences between these management strategies in deaths, lifetime production and voluntary culling have not been previously studied. Strategies that combine both pastures, particularly with heifers raised on *Bh* and then allowed to make compensatory gains on *Bd* offer a less demanding management alternative. On the contrary, strategies that keep females in marginal nutritional conditions are certain to result in low lifetime production as shown above. Depending upon economic conditions and farmers' preferences (Poppi *et al.* 2018), supplementation of cattle grazing these tropical pastures would be expected to increase their performance. Several studies conducted in the Brazilian Cerrado have unequivocally shown a positive response of fattening cattle grazing *Brachiaria*-based pastures to energy and protein supplements (da Silva-Marques *et al.* 2018a, 2018b; Neves *et al.* 2018). On the other hand, supplementation of tropical beef cows has been little studied, but da Silva *et al.* (2017) reported a small positive effect on weight losses in early lactation when Nellore (*Bos indicus*) cows, grazing *Bd* were supplemented with concentrates during the last 60 days of pregnancy; nevertheless, the effect of supplementation did not translate into reduced calving intervals.

The magnitude of the differences in cows' LW when exiting the breeding herd can be judged from the difference in the

asymptotic LWs observed in the factorial experiment (range 332-387 kg) and that of 388-422 kg for cows grazing full time on *Bd* (Experiments 2 and 3; Vera *et al.* 2002). These exiting LWs would contribute to the final systems output of beef per ha and if the intent is to sell heavy cull cows, they impose different management strategies (Ramírez-Restrepo and Vera 2019). Hence, the present results clearly show that some flexibility is possible in managing replacement beef heifers and breeding cows in extensive systems, subject to low management inputs. Nevertheless, differences in outputs between some of the approaches tested here may pass unnoticed in extensive, low-management systems where records of animal outputs are infrequently kept (Wathes *et al.* 2014), and that are further compounded by between-years variability.

From a whole system perspective, the yields reported here should eventually include the final cows' LWs once they are culled from the herd as discussed previously, and in this case, animals bred and maintained on *Bd* would show an advantage compared to those coming from *Bb*. On the other hand, the results from Experiment 4 provide a baseline of what could be expected if thinner cull cows are partially fattened on a low input *Bb* pasture, as frequently observed on farm (Vera and Seré 1989).

Lastly, it should be noted that other important outputs of these systems such as potential carbon sequestration (Fisher *et al.* 1994; Mosquera *et al.* 2012; Ramírez-Restrepo *et al.* 2019a, 2020), methane emission dynamics (Ramírez-Restrepo and Vera 2019; Ramírez-Restrepo and Vera-Infanzón 2019), BNI inhibition (Subbarao *et al.* 2017), and other environmental impacts are not considered here, but they

would need to be accounted for in the analyses of the whole enterprise. Similarly, much remains to be investigated in terms of the consequences of system intensification based on the combination of savanna lands with sown introduced pastures, on the conservation and biodiversity of the rangelands, and the overall management of increasingly complex systems (CIAT-CIRAD 2001; Belnap *et al.* 2012; Neilly *et al.* 2018). Finally, it can be inferred from the various alternatives discussed above that the dynamics of complex, extensive beef breeding systems with their numerous animal and pastures components, and management alternatives, could usefully be further analyzed with empirical simulation studies (Scanlan *et al.* 2013).

## CONCLUSIONS

The performance of beef breeding herds on the low input pastures used in the present retrospective study was modest in keeping with the amount of external and management resources used, and showed large and significant variability between years and also between management strategies. With the exception of animals raised exclusively on *Bd*, beef output per year was markedly cyclical, such that relatively high outputs in one year were followed by lower production in the following year. This trend was most likely associated with alternating high and low reproductive rates previously reported from a large on-farm study (Kleinheisterkamp and Habich 1985). During the breeding years, significant and practically important differences were found between different LWG patterns associated with different growth and pasture strategies. All of the analyzes performed showed that the *Bd* system outyielded the rest. The final beef

output of the various management strategies studied would be influenced by the cows' culling LW at the end of their useful breeding life, an issue briefly examined in the paper. A fuller, whole system analysis of these and other implications would require further retrospective studies using a dynamic system approach.

### Implications

The present results offer an ample set of management alternatives to raise heifers and breeding cows in extensive tropical beef systems, and illustrate the tradeoffs involved in different management strategies that are influenced by the quality of the available forage resources. The difference between the Bd strategy and the rest reflect the differences between the two forage resources tested. Decision making regarding these systems should take a long-term view as physical and financial outcomes may vary widely over successive years, thereby demonstrating, the importance of long-term animal production records.

### Acknowledgments

The International Center for Tropical Agriculture (CIAT) core funded the original field research. Present conceptualization, methodology, dataset construction and data analysis, writing, reviewing and editing were funded by R. Vera Infanzón Private Consultant Services and CR Eco-efficient Agriculture Consultancy (CREAC<sup>TM</sup>). The authors thank Raúl Botero Botero (DMV) who noticed the varied roles of *Bh* in extensive ranches; Hernando Ayala (DVM; R.I.P.) that supervised initial experimental stages; and former students Socorro Cajas and Nora Velásquez. The varied technical assistance from Carimagua Research Center (CRC) staff is deeply appreciated. Finally, special

thanks are extended to the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) for the time provided to the co-author to initially collate, analyze and interpret datasets, while working there.

### Conflict of Interest

The authors declare that the design of the study, data construction and analysis, results and writing of this manuscript are not affected by any conflict of interest and we agree with the publication of this manuscript.

### REFERENCES

- Belnap J, Ludwig JA, Wilcox BP, Betancourt JL, Dean WRJ, Hoffmann BD, Milton SJ. 2012. Introduced and invasive species in novel rangeland ecosystems: friends or foes? *Rangeland Ecol Manage.* 65(6): 569-758. Doi: [10.2111/REM-D-11-00157.1](https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00157.1).
- Boron V, Payán E, MacMillan D, Tzanopoulos J. 2016. Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. *Land Use Policy.* 59(31): 27-37. Doi: [10.1016/j.landusepol.2016.08.017](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.017).
- Cerón JH, González Padilla E, Lassala A, Pedrera M, Gutiérrez CG. 2017. Estado de la ganadería en el sistema vaca-cría a nivel nacional: principales resultados de manejo reproductivo. In: Sánchez JB, Yong AMG, Yamasaki AM, León VH, editors. *Producción animal en los ecosistemas de México. Chiapas (MX): Universidad Autónoma de Chiapas.* p. 64-71.
- Chernick MR. 2008. *Bootstrap methods.* 2nd ed. New York: Wiley. 308 p.
- [CIAT-CIRAD] Internacional Center for Tropical Agriculture, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. 2001. *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia.* CIAT-CIRAD: Cali. 302 p.
- Da Silva AG, Paulino MF, Detmann E, Fernandes HJ, da Silva Amorim L, Maza Ortega RE, de Carvalho VV, da Costa Lima JA, de Moura

- FH, Monteiro MB, Bitencourt JA. 2017. Energetic-protein supplementation in the last 60 days of gestation improves performance of beef cows grazing tropical pastures. *J Anim Sci Biotechnol*. 8: 78. Doi: [10.1186/s40104-017-0209-x](https://doi.org/10.1186/s40104-017-0209-x).
- Da Silva-Marques RP, Zervoudakis JT, De Paula NF, Hatamoto-Zervoudakis LK, Lopes da Rosa e Silva PIJ, do Nascimento Matos NB. 2018a. Effects of protein-energetic supplementation frequency on growth performance and nutritional characteristics of grazing beef cattle. *Trop Anim Health Prod*. 50(3): 495-501. Doi: [10.1007/s11250-017-1458-6](https://doi.org/10.1007/s11250-017-1458-6).
- Da Silva-Marques RP, Zervoudakis JT, Hatamoto-Zervoudakis LK, Lopes da Rosa e Silva PIJ, do Nascimento Matos N, Lazzarotto Feliciano A, de Paula Júnior RG, da Silva Cabral L. 2018b. Efficiency of nitrogen metabolism in beef cattle grazing pasture and supplemented with different protein levels in the rainy season. *Trop Anim Health Prod*. 50(4): 715-720. Doi: [10.1007/s11250-017-1485-3](https://doi.org/10.1007/s11250-017-1485-3).
- Ezenwa IV, Kalmbacher RS, Arthington JD, Pate FM. 2006. Creeping signal grass versus bahia grass for cow and calf grazing. *Agronomy Journal*. 98(6): 1582-1588. Doi: [10.2134/agronj2006.0097](https://doi.org/10.2134/agronj2006.0097).
- Fisher MJ, Rao IM, Thomas J, Ayarza MA, Lascano CE, Sanz JI, Vera RR. 1994. Carbon storage deep in the soil by introduced pastures in the South American savannas. *Nature*. 371: 236-238.
- Fisher MJ, Rao I, Thomas RJ, Lascano CE. 1996. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: Hodgson J, Illius AW, editors. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford (UK): CAB International. p. 393-425.
- Fordyce G, McCosker KD, McGowan MR. 2013. Management of breeding cow herds in low-nutrition environments—North Australian experience. In: Canozzi MEA, Costa Junior B, Bremm JBG, Barcellos JOJ, editors. *I Simpósio Internacional sobre Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva*, Porto Alegre (BR): Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 9.
- Fordyce G, McGowan M, McCosker K, Burns B. 2014. Foetal and calf loss in extensively-managed beef cattle. In: Beggs DS, editor. *Abstracts Proceedings of the XXVIII World Buiatrics Congress*. Cairns (AU): Australian Veterinary Association. p. 94-100.
- Funston RN, Martin JL, Larson DM, Roberts AJ. 2012. Nutritional aspects of developing replacement heifers. *J Anim Sci*. 90(4): 1166-1171. Doi: [10.2527/jas.2011-4569](https://doi.org/10.2527/jas.2011-4569).
- Halsey LG, Curran-Everett D, Vowler SL, Drummond GB. 2015. The fickle P value generates irreproducible results. *Nat Methods*. 12: 179-185. Doi: [10.1038/nmeth.3288](https://doi.org/10.1038/nmeth.3288).
- Holroyd RG, McGowan MR. 2014. Reproductive management of beef cattle. In: Cottle D, Kahn L, editors. *Beef Cattle Production and Trading*. Collingwood: CSIRO Publishing. p. 291-338.
- Hoyos P, Lascano C. 1988. Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de bosque semi-siempre verde estacional. *Pasturas Tropicales*. 10: 3-7.
- Huertas-Ramírez H, Huertas-Herrera A. 2015. Historiografía de la ganadería en la Orinoquia. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal-AICA*. 6: 300-307.
- Keppel G, Wickens TD. 2004. Design and analysis. A researcher's handbook. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall. 313 p.
- Kleinheisterkamp I, Habich G. 1985. Colombia. 1° Estudio biológico y técnico. In: Vera RR, Seré C, editors, *Sistemas de Producción Pecuaria Extensiva*. Cali (CO): CIAT. p. 213-278.
- Lascano CE. 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical America. *Tropical Grasslands*. 25: 66-72.
- Lascano C, Euclides VPB. 1996. Nutritional quality and animal production of *Brachiaria* pastures. In: Miles JW, Maass BL, Valle CB, editores. *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali: CIAT. p. 106-123.
- Lynch JM, Lamb GC, Miller B, Brandt RT, Cochran RC, Minton JE. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. *J Anim Sci*. 75: 1715-1722. Doi: [10.2527/1997.7571715x](https://doi.org/10.2527/1997.7571715x).
- Mosquera O, Burman P, Ramirez BL, Amezcua MC. 2012. Carbon stocks and dynamics under improved tropical pasture and silvo-pastoral system in Colombian Amazonia. *Geoderma*. 189-190: 81-86. Doi: [10.1016/j.geoderma.2012.04.022](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.04.022).



- Mott GO. 1961. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: British Grassland Society, editor. Proceedings of the VIII International Grassland Congress. Hurley: British Grassland Society; Grassland Research Institute. p. 606-611.
- Neilly H, O'Reagain P, Vanderwal J, Schwarzkopf L. 2018. Profitable and sustainable cattle grazing strategies support reptiles in tropical savanna rangeland. *Rangeland Ecol Manage.* 71(2): 205-222. Doi: [10.1016/j.rama.2017.09.005](https://doi.org/10.1016/j.rama.2017.09.005).
- Neves DSB, Rodrigues Silva R, da Silva FF, Santos LV, Filho GA, de Souza SO, da C Santos M, Rocha WK, da Silva APG, de Melo Lisboa M, *et al.* 2018. Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. *Trop Anim Health Prod.* 50(7): 1411-1416. Doi: [10.1007/s11250-018-1574-y](https://doi.org/10.1007/s11250-018-1574-y).
- Norton RD. 2017. *The Competitiveness of Tropical Agriculture*. New York: Academic Press. 348 p.
- O'Rourke KP. 1986. The statistical analysis of reproductive data from grazing experiments. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 16: 65.
- O'Rourke KP, Howitt CJ. 1986. Planning and design of reproductive experiments. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 16: 65-67.
- O'Rourke PK, Doogan VJ, Robertson, DJ, Cooke D. 1991. Prediction of conception rate in extensive beef herds in north-western Australia. 2. Continuous mating and minimal management. *Aust. J. Exp. Agric.* 31: 9-14. Doi: [10.1071/ea9910009](https://doi.org/10.1071/ea9910009).
- Patterson HH, Adams D, Klopfenstein TJ, Clark R, Teichert B. 2003. Supplementation to meet metabolizable protein requirements of primiparous beef heifers: II. Pregnancy and economics. *J Anim Sci.* 81(3): 563-570. Doi: [10.2527/2003.813563x](https://doi.org/10.2527/2003.813563x).
- Pereira JM, Tarré RM, Macedo R, Rezende CdP, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM. 2009. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. *Nutr Cycl Agroecosystems.* 83: 179-196.
- Poppi DP, Quigley SP, da Silva TACC, McLennan SR. 2018. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. *Rev Brasileira de Zootecnia.* 47: e20160419.
- Pullet L, Martin O. 2017. A dynamic model as a tool to describe the variability of lifetime body weight trajectories in livestock females. *J Anim Sci.* 95: 4846-4856. Doi: [10.2527/jas2017.1803](https://doi.org/10.2527/jas2017.1803).
- Ramírez-Restrepo CA, Charmley E. 2015. An integrated mitigation potential framework to assist sustainable extensive beef production in the tropics. In: Mahanta PK, Singh JB, Pathak PS, editors. *Grasslands: A Global Research Perspective*. Jhansi: Range Management Society of India. p. 417-436.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera RR. 2019. Body weight performance, estimated carcass traits and methane emissions of beef cattle categories grazing *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora* and *Stylosanthes capitata* mixed swards and *Brachiaria humidicola* pasture. *Anim Prod Sci* 56(4): 729-750. Doi: [10.1071/AN17624](https://doi.org/10.1071/AN17624).
- Ramírez-Restrepo CA, Vera-Infanzón RR. 2019. Methane emissions of extensive grazing breeding herds in relation to the weaning and yearling stages in the Eastern Plains of Colombia. *Rev Med Vet Zoot.* 66(2): 111-130. Doi: [15446/rfmvz.v66n2.82429](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n2.82429).
- Ramírez-Restrepo CA, Vera RR, Rao IM. 2019a. Dynamics of animal performance, and estimation of carbon footprint of two breeding herds grazing native neotropical savannas in eastern Colombia. *Agric Ecosys Environ.* 281: 35-46. Doi: [10.1016/j.agee.2019.05.004](https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.004).
- Ramírez-Restrepo CA, Vera RRI, Rao IM (2019b) Environmental performance of grazing beef cattle systems in the well-drained neotropical savannas of Colombia: A review of results from modelling research. In: *Nutritional Strategies for Improving Farm Profitability and Clean Animal Production*. Book of Abstracts of International Conference on Animal Nutrition; 2019 December 17-19, Animal Society of India, Kolkata, India, p. 413.
- Ramírez-Restrepo CA, Vera-Infanzón RR, Rao IM. 2020. Predicting methane emissions, animal-environmental metrics and carbon footprint from Brahman (*Bos indicus*) breeding herd systems based on long-term research on grazing of neotropical savanna and *Brachiaria decumbens* pastures. *Agric. Syst.* 184, 102892. DOI: [10.1016/j.agysr.2020.102892](https://doi.org/10.1016/j.agysr.2020.102892).

- Rausch JM. 2015. Territorial rule in Colombia and the transformation of the Llanos Orientales. *J of Latin Ame Studies*. 47(2): 427-429. Doi: [10.1017/S0022216X1500022X](https://doi.org/10.1017/S0022216X1500022X).
- Rivas L, Hoyos P, Amézquita E, Molina DL. 2013. Análisis económico de una estrategia para el manejo de suelos en la altillanura colombiana: Construcción de la capa arable. In: Amézquita EA, Rao IM, Rivera M, Corrales II, Bernal JH, editors. *Sistemas agropastoriles: un enfoque integrado para el manejo sostenible de oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Cali: CIAT. p. 233-268.
- Rivera B. 1988. Performance of beef cattle herds under different pasture and management systems in the Llanos of Colombia [Doctoral dissertation]. [Berlin (GR)]: Technische Universitat.
- Roche JR, Dennis NA, Macdonald KA, Phyn C, Amer PR, White RR, Drackley JK. 2015. Growth targets and rearing strategies for replacement heifers in pasture-based systems: a review. *Anim Prod Sci*. 55: 902-915. Doi: [10.1071/AN14880](https://doi.org/10.1071/AN14880).
- SAS. 2009. *SAS/STAT® 9.2 User's Guide*. Second Edition. Cary: SAS Institute Inc.
- Scanlan JC, MacLeod ND, O'Reagain PJ. 2013. Scaling results up from a plot and paddock scale to a property—a case study from a long-term grazing experiment in northern Australia. *The Rangeland Journal*. 35(2): 193-200. Doi: [10.1071/RJ12084](https://doi.org/10.1071/RJ12084).
- Stonaker HH, Villar J, Osorio G, Salazar J. 1976. Differences among cattle and farms as related to beef cow reproduction in the eastern plains of Colombia. *Trop Anim Health Prod*. 8(3): 147-154.
- Subbarao GV, Arango J, Masahiro K, Hooper AM, Yoshihashi T, Ando Y, Nakahara K, Deshpande S, Ortiz-Monasterio I, Ishitani M, *et al*. 2017. Genetic mitigation strategies to tackle agricultural GHG emissions: The case for biological nitrification inhibition technology. *Plant Sci*. 262: 165-168. Doi: [10.1016/j.plantsci.2017.05.004](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.05.004).
- Tapasco J, Martínez J, Calderón S, Romero G, Ordoñez DA, Alvarez A, Ludeña CE. 2015. Impactos económicos del cambio climático en Colombia. Sector Ganadero. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. 45 p.
- Vera RR. 1991. Growth and conception in continuously underfed Brahman heifers. *Anim Prod*. 53: 45-50. Doi: [10.1017/S0003356100005961](https://doi.org/10.1017/S0003356100005961).
- Vera RR, Ramírez-Restrepo CA. 2017. Complementary use of neotropical savanna and grass-legume pastures for early weaning of beef calves, and effects on growth, metabolic status and reproductive performance. *Trop Grassl-Forrajés Trop*. 5(2): 5-65. Doi: [10.17138/tgft\(5\)50-65](https://doi.org/10.17138/tgft(5)50-65).
- Vera RR, Ramírez CA, Ayala H. 1993. Reproduction in continuously underfed Brahman cows. *Anim Prod*. 57: 193-198. Doi: [10.1017/S0003356100006796](https://doi.org/10.1017/S0003356100006796).
- Vera RR, Ramírez CA, Velásquez N. 2002. Growth patterns and reproductive performance of grazing cows in a tropical environment. *Arch Latinoam Prod Anim*. 10: 14-19.
- Vera RR, Hoyos F. 2019. Long-term beef production from pastures established with and without annual crops compared with native savanna in the high savannas of Eastern Colombia: a compilation and analysis of on-farm results 1979-2016. *Trop Grassl-Forrajés Trop*. 7(1): 1-13. Doi: [10.17138/tgft\(7\)1-13](https://doi.org/10.17138/tgft(7)1-13).
- Wassersteina RL, Lazar NA. 2016. The ASA statement on *p*-values: context, process, and purpose. *Am. Stat*. 70(2): 129-133. Doi: [10.1080/00031305.2016.1154108](https://doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108).
- Wathes DC, Pollott GE, Johnson KF, Richardson H, Cooke JS. 2014. Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal*. 8 (Supplement s1): 91-104. Doi: [10.1017/S1751731114000755](https://doi.org/10.1017/S1751731114000755).

### Article citation

Vera-Infanzón RR, Ramírez-Restrepo CA. 2020. Long term beef production in extensive cow-calf systems in the tropical savannas of eastern Colombia. [Producción continua de carne en sistemas extensivos de cría en las sabanas tropicales del oriente de Colombia]. Rev Med Vet Zoot. 67(1): 42-59. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n1.87678](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87678).

## Calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas ubicadas en el sector Vuelta Larga, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela)

*B. Guevara<sup>1\*</sup>, M. C. Rivas<sup>1</sup>, R. Silva-Acuña<sup>2</sup>*

*Artículo recibido: 2 de diciembre de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020*

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas del municipio Maturín estado Monagas (Venezuela). El ensayo tuvo una duración de seis semanas, se calculó la eficiencia higiénica (%EH) de las instalaciones, el personal, la rutina de ordeño, la limpieza-desinfección y el almacenamiento-transporte de dos unidades de producción. Adicionalmente, se determinó la población de bacterias aerobias mesófilas (BAM) que se cuantificaron en un experimento en bloques al azar, con arreglo factorial de los tratamientos (2x2) donde el factor A, correspondió al sistema de ordeño manual y mecánico y el factor B, a la aplicación y omisión de secado de los pezones de cada animal previo al ordeño. La variable se examinó por análisis de varianza y sus valores promedios comparados por Tukey al 5% de probabilidad. El %EH de las fincas evaluadas fue de 66,66% para la finca 2 y de 54,84% para la finca 1, considerados no satisfactorios. Los resultados obtenidos para la variable BAM indican que el factor sistema de ordeño mostró diferencia altamente significativa ( $p \leq 0,01$ ); el sistema manual presentó el menor conteo con 5,24 Log<sub>10</sub> UFC/mL; mientras que para el factor condición de secado se constató diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), ya que la aplicación de secado presentó la menor población de bacterias aerobias mesófilas con 5,25 Log<sub>10</sub> UFC/mL. Las medidas higiénicas y sanitarias implementadas en la rutina de ordeño influyeron directamente en la calidad de la leche cruda.

**Palabras clave:** leche cruda, microbiología, aerobios mesófilos, secado.

## Hygienic-sanitary quality of two milking systems in bovine farms located in sector Vuelta Larga, Maturín municipal state, Monagas state (Venezuela)

### ABSTRACT

The objective of the present investigation, was to evaluate the 'Hygienic-Sanitary Quality of two Milking Systems in Bovine Farms' in Vuelta Larga Sector, Maturín City, Monagas State (Venezuela). The trial lasted six weeks, in which the Hygienic Efficiency (% EH)

<sup>1</sup> Escuela de Zootecnia, Departamento de Biología y Sanidad Animal, Universidad de Oriente. Avenida Universidad, Campus Los Guaritos (Venezuela).

<sup>2</sup> Postgrado Agricultura Tropical, Universidad de Oriente. Campus Juanico, C.P: 6201. Maturín, Monagas (Venezuela).

\* Autor para correspondencia: [barbaraguevara95@gmail.com](mailto:barbaraguevara95@gmail.com)

of the facilities, the workers, the milking routine, the cleaning and disinfection measures and the storage and transport of both milking systems, were calculated. Furthermore, the population of Mesophilic Aerobic Bacteria (BAM) was determined; The data were processed following a distribution in random blocks with factorial arrangement (2x2) whose factor A represented the milking system: manual and mechanical, and the factor B was the application and omission of manual drying of teats for each animal prior to milking. The percentage of Hygienic Efficiency (% EH) of the farms evaluated was not satisfactory, corresponding to 66.66% in the farm 2 and 54.84% in the farm 1. The variable was examined by analysis of variance and its mean values compared by Tukey test at 5% of probability. Factor A achieved a highly significant difference ( $p \leq 0.01$ ), with the manual system obtaining the lowest count with 5.24 Log<sub>10</sub> CFU / mL. In factor B significant difference was found ( $p \leq 0.05$ ), the drying application decreased the BAM population with 5.25 Log<sub>10</sub> CFU / mL. The Hygienic and Sanitary measures implemented in the milking routine directly influence the quality of raw milk.

**Key words:** raw milk, microbiology, aerobic mesophilic bacteria, drying.

## INTRODUCCIÓN

La leche es la secreción de la glándula mamaria obtenida mediante uno o más ordeños, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración de derivados (FAO 2001). Por su parte, la norma COVENIN (1993) la define como un compuesto líquido, opaco, de color blanco marfil y de sabor dulce, que se obtiene del ordeño higiénico de un animal en buen estado de salud y alimentación. Además, Da Silva *et al.* (2016) agregan que es un producto apto para el consumo humano por su alta calidad nutritiva, siempre y cuando se encuentre libre de sustancias tóxicas, microorganismos y calostros que alteran su composición.

La leche es un medio propicio e idóneo para el crecimiento y desarrollo de microorganismos que causan su alteración (Cedeño *et al.* 2015); así mismo, las enfermedades que afectan al ganado influyen directamente en su calidad e inocuidad, lo cual representa un peligro potencial para la salud pública si no se aplican prácticas de higiene durante las diferentes etapas: ordeño, transporte, procesamiento y manufactura (FAO 2012).

Para el consumidor, la calidad de la leche significa productos en buena condición y de buena presentación que no afecten su salud; y para el ganadero, mayor producción al tener un rebaño sano, y por lo tanto, mayores ingresos (Ortiz 2014). Para garantizar la calidad y durabilidad de los productos derivados es fundamental el control de la calidad microbiológica de la leche utilizada como materia prima (Almeida *et al.* 2016), lo que implica la vigilancia de microorganismos involucrados en la salud humana y en los procesos de transformación de la leche (Zambrano y Grass 2008).

Dadas las características de la leche cruda, los microorganismos predominantemente favorecidos para su crecimiento en este medio son las bacterias y entre ellas, los aerobios mesófilos son los de mayor importancia en la industria láctea (Reyes *et al.* 2010; Riquelme y Bonifaz 2012). Los aerobios mesófilos crecen a temperaturas entre 20 y 40°C en presencia de oxígeno; su recuento total indica el grado de contaminación de la leche cruda, pero no su origen (Calderón *et al.* 2006; Luigi *et al.* 2013).

Dos aspectos fundamentales caracterizan la calidad higiénica de la leche:

el primero, relacionado con la presencia mínima de microorganismos, y el segundo, con la ausencia de sustancias extrañas que puedan dañar su composición o poner en peligro la salud humana (Gaviria 2007). Desde su síntesis en la glándula mamaria, hasta su llegada al consumidor, la leche está sometida a la posibilidad de contaminación y multiplicación de microorganismos que actúan en forma negativa sobre su calidad e higiene (González 2013). En este sentido, la calidad sanitaria de la leche está relacionada con la puesta en práctica de planes de control o erradicación de infecciones que puedan significar riesgo para la salud de las personas, el personal de las unidades de producción o los animales. En síntesis, la leche debe provenir de animales sanos y estar libre de residuos de medicamentos o de residuos tóxicos (Castillo y Chaves 2008).

En las unidades de producción lecheras o doble propósito existen dos tipos de sistemas de ordeño, el manual y el mecánico. El primero, consiste en la extracción de la leche aplicando presión con las manos sobre los pezones del animal, para ser recolectada en baldes o cántaras; su manejo posterior requiere un mínimo de instrumentación y equipos (INTI 2016). Por otro lado, el ordeño mecánico utiliza un equipo de control de vacío y presión que simula el amamantamiento, consta de pezoneras, mangueras y tuberías por las cuales fluye la leche directamente hacia el tanque de recolección y almacenamiento (Martínez *et al.* 2011; Chahine 2014). Para ambos sistemas deben prevalecer las buenas prácticas de ordeño, que son medidas preventivas que aplicadas a las instalaciones, al manejo de las vacas en las fases de ordeño, a la conservación de la leche y la limpieza y desinfección,

reducirán significativamente el riesgo de contaminación de la leche cruda por material extraño, microorganismos o sustancias químicas (Martínez y Gómez 2013).

La correcta preparación de la ubre antes del ordeño mejora la calidad bacteriológica considerablemente, el lavado de los pezones se debe realizar únicamente con agua limpia y a baja presión, asimismo, es importante secarlos completamente antes del ordeño y se recomienda emplear toallas de papel individual, esta es una medida higiénica simple, que no agrega tiempo adicional a la rutina de ordeño, que puede ser aplicada correctamente por los ordeñadores y con la cual se protege la salud y además, se crea una cultura de higiene en los productores para ofrecer un producto de calidad en las unidades de producción (Munera 2017).

En resumen, las condiciones higiénicas y sanitarias bajo las cuales se realiza el ordeño influyen directamente sobre la calidad de la leche cruda, independientemente del sistema productivo y de los insumos y tecnologías utilizadas. En este sentido, instalaciones de ordeño con limpieza deficiente, programas de lavados ineficaces y el almacenamiento y transporte en condiciones inapropiadas son algunas de las causas de altos recuentos microbianos en la leche.

En función de lo planteado previamente la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño mediante el cálculo del porcentaje de eficiencia higiénica (%EH) de la sala, rutina de ordeño y de la población de aerobios mesófilos presentes en las muestras de leche cruda de las fincas evaluadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de las fincas y caracterización de los sistemas de ordeño

La presente investigación se desarrolló en dos fincas bovinas lecheras, una con sistema de ordeño mecánico y la otra con sistema manual, ambas ubicadas en el sector Vuelta Larga de la parroquia La Pica, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela). Las coordenadas geográficas corresponden a 9° 49' 51" LN y 63° 02' 01" LO; ubicadas a la altitud de 24 m s. n. m., temperatura promedio de 28°C, humedad relativa de 63% y precipitación promedio anual de 1271 mm (INAMEH 2016).

La finca 1, realiza el ordeño de forma manual con apoyo del becerro, en el cual se emplean dos ordeñadores para un grupo total de veintidós vacas de la raza Carora.

La finca 2, posee un sistema de ordeño mecánico, también con apoyo del becerro, el cual cuenta con dos ordeñadores y un grupo total de sesenta vacas mestizas de las razas Carora, Pardo Suizo, Holstein y Simmental.

### Eficiencia higiénica (%EH) de la sala y rutina de ordeño

Para el diagnóstico de las condiciones higiénico-sanitarias de las fincas bovinas lecheras seleccionadas para este estudio, se inspeccionaron las instalaciones y se comprobó visualmente el cumplimiento de los parámetros y requisitos establecidos por la Gaceta Oficial N° 36.081 de la República de Venezuela (MSAS 1996); para este diagnóstico se aplicó un instrumento de evaluación y recolección de datos con orientación específica hacia los sistemas de ordeño, donde se incluyeron los siguientes factores: sala e instalaciones, personal, pasos de la rutina de ordeño,

limpieza y desinfección, almacenamiento y transporte. Estos aspectos se evaluaron mediante las medidas cumple (C) y no cumple (NC), y se procedió a calcular el porcentaje de eficiencia de higiene del proceso mediante la siguiente fórmula:

$$\%EH: \frac{\text{N}^\circ \text{ total de conformes}}{\text{N}^\circ \text{ total evaluados} - \text{No aplicables}} \times 100$$

### Toma de muestras

Las muestras de leche se recolectaron según los procedimientos descritos en la norma COVENIN 938 (COVENIN 1983). Todo el material utilizado para el muestreo se esterilizó previamente a 121°C en autoclave del Laboratorio de Microbiología General de la Universidad de Oriente, campus Los Guaritos. En ambos sistemas de ordeño, mecánico y manual, la leche fue acopiada en cántaras, luego se realizó el mezclado homogéneo del líquido, utilizando guantes y un cucharón de metal estéril, e inmediatamente se tomaron las muestras, las cuales se colectaron en recipientes de vidrio con cierre hermético hasta obtener un volumen de 200 mL. Posteriormente, se cerraron y colocaron en un recipiente isotérmico con hielo en su interior para mantenerlas refrigeradas.

Se recolectaron cuatro muestras semanalmente y su traslado se realizó inmediatamente al Laboratorio de Microbiología General de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, campus Los Guaritos, donde se realizaron los análisis microbiológicos.

### Cuantificación de aerobios mesófilos en la muestras de leche cruda

Se utilizó la metodología del recuento en placa según la norma COVENIN 902 (COVENIN 1987). Se diluyeron 11 mL de leche cruda en 99 mL de agua peptonada marca Himedia® M028, se agitó y esta

concentración correspondió a la dilución  $10^{-1}$ , a partir de la cual se extrajeron 11 mL que se diluyeron en 99 mL de agua peptonada, se agitó y se obtuvo la dilución  $10^{-2}$  y así sucesivamente se procedió a realizar las diluciones decimales seriadas hasta  $10^{-6}$ . De cada dilución se agregó 1 mL de las muestras a placas de Petri estériles por duplicado y luego se añadieron aproximadamente de 12 a 20 mL de agar nutritivo marca Himedia® M001, estéril temperado. Las placas se invirtieron y se incubaron a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Pasado este tiempo se contaron aquellas placas que presentaron entre 30 y 300 colonias, se promediaron y se multiplicaron por su factor de dilución correspondiente. Los resultados se reportaron en  $\text{Log}_{10}$  UFC/mL de leche cruda (COVENIN 1987).

### Diseño del experimento y análisis estadístico

El estudio se realizó bajo un diseño en bloques al azar, donde los tratamientos se organizaron en arreglo factorial ( $2 \times 2$ ) donde el factor A, correspondió al sistema de ordeño (manual y mecánico) y el factor B, a la condición de secado de los pezones en la rutina de ordeño (secado y sin secado), con seis repeticiones. En cada sistema de ordeño el grupo de vacas se dividió en dos subgrupos para la aplicación del factor secado y se evaluó semanalmente la interacción de los factores. Previo a realizar el análisis de varianza (ANAVA) se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para corroborar la normalidad de los errores o residuos y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de los datos de aerobios mesófilos. Se realizó el respectivo ANAVA y los efectos se analizaron por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se empleó el programa estadístico InfoStat® Versión 2018 (Di Rienzo *et al.* 2018).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficiencia higiénica (EH) de la finca 1 fue de 54,84% (Tabla 1), cumpliendo con diecisiete de los aspectos evaluados. El porcentaje de EH obtenido fue insatisfactorio, al estar debajo del 70% exigido en la Gaceta Oficial (MSAS 1996), debido a una serie de aspectos que evidenciaron el incumplimiento de los ítems evaluados, como por ejemplo la cercanía de aguas estancadas, malos olores y animales domésticos en las instalaciones. Adicionalmente, esta finca carece de suministros de agua en el área de ordeño, los ordeñadores no poseen ninguna capacitación en cuanto a prácticas y hábitos higiénicos, no se lavan las manos en forma minuciosa y tampoco utilizan uniforme de trabajo; además, en la rutina de ordeño no realizan el despunte ni lavado y secado de los pezones de los animales. En cuanto a la desinfección no emplean agua clorada para desinfectar los materiales y equipos y no desinfectan el área de ordeño por carecer del suministro de agua.

La baja eficiencia higiénica constatada en las instalaciones repercute de manera significativa en la calidad higiénica de la leche; en este sentido, Vasallo *et al.* (2014) realizaron el diagnóstico de buenas prácticas en 30 fincas lecheras de la región de Mayabeque (Cuba) y para solventar esta situación propusieron una serie de recomendaciones que incluyen: la capacitación del personal que labora en el ordeño, suministrar de forma estable recursos que garanticen las operaciones de higiene de todo el proceso, construir salas de ordeños provistas de pisos con drenajes y disponibilidad de agua suficiente, prohibir la entrada a animales domésticos a las instalaciones, realizar el despunte y el lavado y secado de los pezones de cada animal; además, indicaron que los ordeñadores deben tener las manos limpias y secas en todo momento y que deben acatar



un régimen adecuado de aseo y desinfección de los utensilios.

Por su parte, el porcentaje de eficiencia higiénica (EH) de la finca 2 fue de 63,89% (Tabla 2), que cumplió con veinticuatro de los ítems evaluados. Al igual que en el caso de la finca 1, la EH de la finca 2 no alcanzó el 70% señalado en la Gaceta Oficial (MSAS 1996). Entre los indicadores de malas prácticas de higiene para esta finca se reporta la irregularidad en el suministro de agua, lo que limita todas las labores de

limpieza y desinfección necesarias; en el mismo sentido, el personal no utiliza la indumentaria de trabajo adecuada; asimismo, en la rutina de ordeño se observó que el secado de los pezones de los animales no se practica y en consecuencia, la colocación de las unidades de ordeño se realiza en presencia de humedad. Cabe agregar que en la limpieza del equipo de ordeño no se consideran los lavados con productos alcalino clorados, ni con detergente ácido, únicamente con agua caliente y cloro.

**TABLA 1.** Totalización de aspectos evaluados para determinar la eficiencia higiénica de la finca 1, con sistema de ordeño manual.

Aspectos evaluados	Evaluados	C	NC	NA
1. Sala e instalaciones	8	5	3	0
2. Personal	10	5	5	0
3. Rutina de ordeño	8	4	3	1
4. Limpieza y desinfección	7	3	3	1
5. Almacenamiento y transporte	4	0	0	4
Total	37	17	14	6
Total aplicables	31	17	14	0
<b>% Eficiencia higiénica</b>		<b>54,84</b>		

C: conforme, NC: no conforme, NA: no aplica.

**TABLA 2.** Totalización de aspectos evaluados para determinar la eficiencia higiénica de la finca 2, con sistema de ordeño mecánico.

Aspectos evaluados	Evaluados	C	NC	NA
1. Sala e instalaciones	8	7	1	0
2. Personal	10	5	5	0
3. Rutina de ordeño	8	4	3	1
4. Limpieza y desinfección	7	3	4	0
5. Almacenamiento y transporte	4	4	0	0
Total	37	23	13	1
Total aplicables	31	23	13	0
<b>% Eficiencia higiénica</b>		<b>63,89</b>		

C: conforme, NC: no conforme, NA: no aplica.

En el manual de buenas prácticas de ordeño elaborado por Gonzales (2015) se destacan ciertos factores que son de estricta responsabilidad del productor, entre ellos, la correcta rutina de ordeño, la limpieza eficiente del equipo, el enfriado de la leche y el control de incidencia de mastitis; procedimientos que son primordiales en la calidad higiénica y sanitaria de la leche, que se constata con los recuentos microbiológicos. Por su parte, Méndez y Osuna (2007), Calderón *et al.* (2008) y Silva *et al.* (2014) efectuaron una descripción cualitativa de todo el procedimiento y se estableció el cumplimiento o incumplimiento en cada una de las actividades inherentes al ordeño. Al mismo tiempo, señalaron que la implementación de encuestas para obtener información ha tenido un amplio uso en la producción animal; por ejemplo, en el campo de la zootecnia han sido de utilidad para caracterizar los sistemas de producción animal de cada región.

En la cuantificación de bacterias aerobias mesófilas (BAM) los datos siguieron una distribución normal de los errores según la prueba de Shapiro-Wilk y presentaron homocedasticidad de varianza de acuerdo a la prueba de Levene. En el análisis de varianza aplicado, se detectó diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en los factores individuales, tipos de ordeño y aplicación de secado, pero sin efecto en la interacción.

En la Figura 1 se aprecia que para el tipo de ordeño mecánico el recuento de BAM en las muestras de leche fue superior y estadísticamente diferente ( $p \leq 0,05$ ), obteniendo en promedio  $5,61 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ , caso contrario a las muestras provenientes del ordeño manual cuyo promedio correspondió a  $5,24 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ . El recuento de BAM elevado en el ordeño mecánico podría deberse a las deficiencias higiénicas en el manejo del equipo de

ordeño, tales como la irregularidad en el suministro de agua potable y la deficiente rutina de lavado y desinfección del mismo.

Al respecto, Tessema y Tibbo (2013) y Werncke *et al.* (2016) señalaron que el agua debe estar disponible en el área de ordeño en todo momento para realizar las labores de limpieza e higiene y que aunado a ello, la rutina de lavado debe ser completa, empleando productos químicos como detergentes ácidos y alcalino-clorados que refuercen el lavado del equipo y permitan eliminar o reducir la carga microbiana de las superficies del mismo. Por otro lado, Marcondes *et al.* (2014) evaluaron la calidad de la leche cruda en diferentes sistemas de producción lecheras y obtuvieron resultados diferentes a los del presente estudio, con un recuento de BAM superior para el sistema tradicional de  $4,64 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ , estadísticamente diferente del sistema mecanizado con  $4,29 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ . Señalaron además entre las posibles causas de contaminación, el agua utilizada para la limpieza, así como también el contacto de la leche con utensilios y cántaras con pobre higiene. En ese mismo sentido, Zucali *et al.* (2016) obtuvieron en promedio  $4,88 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$  en el muestreo de diferentes sistemas de producción y concluyeron que la alta variación entre las muestras se debió a la higiene de los materiales y equipos.

Los resultados elevados de las poblaciones de BAM obtenidos en esta investigación, coinciden con el bajo porcentaje de EH obtenido; estas deficiencias higiénicas en el equipo de ordeño afectaron la calidad de la leche producida. Para Bermúdez y de Silvestri (2006), Alfaro *et al.* (2014) y Arguello (2015), una de las causas más frecuentes de recuentos altos de BAM es la poca higiene del sistema de ordeño y sus componentes, sea éste manual o mecánico,

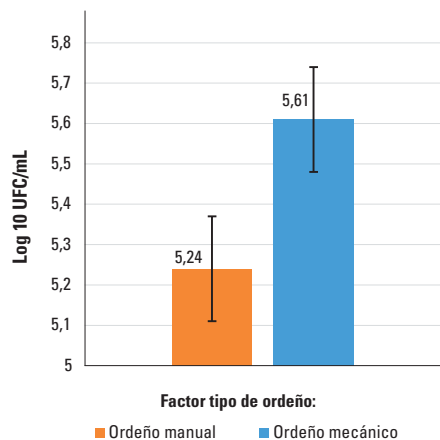
ya que los residuos de leche de ordeños previos en los utensilios proveen un sustrato rico en nutrientes para el crecimiento y desarrollo de bacterias que contaminan la leche de los ordeños posteriores.

Adicionalmente, es de resaltar que los resultados obtenidos en esta investigación están dentro de la categoría A según la norma técnica COVENIN 902 (COVENIN 1987), que señala un contenido máximo de hasta 500.000 UFC/mL de aerobios mesófilos, esto indica que la leche es de buena calidad y apta para el consumo humano según la normativa venezolana; caso distinto, según Pinzón (2006), ocurre en Colombia, donde se considera leche de categoría A la que presenta recuento de BAM inferior a 200.000 UFC/mL. Asimismo, es imperativo destacar la importancia que tienen los aspectos higiénicos y sanitarios de la rutina de ordeño señalado en esta investigación pues permiten mejorar notablemente la calidad de la leche producida.

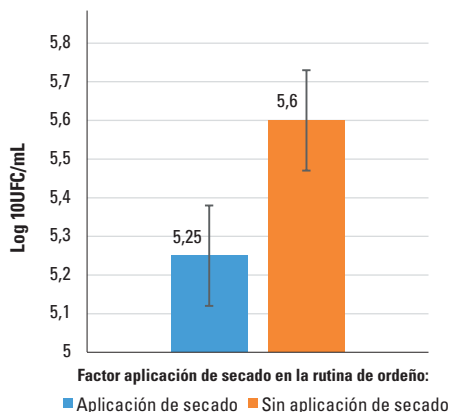
Es de considerar que la omisión del secado de los pezones de cada animal durante

la rutina de ordeño elevó el recuento de BAM en las muestras, con un promedio de 5,60 Log<sub>10</sub> UFC/mL (Figura 2), valor estadísticamente diferente al obtenido con la aplicación de secado, que fue de 5,25 Log<sub>10</sub> UFC/mL. Estos resultados corroboran la importancia del secado como parte de la higiene en la rutina de ordeño, ya que la humedad existente en los pezones proporciona las condiciones específicas para que los microorganismos se desarrollen y contaminen la leche.

El secado antes del ordeño es el método más importante y efectivo para reducir el recuento total de aerobios mesófilos, ya que minimiza el número de microorganismos que pueden contaminar el pezón por medio del escurrimiento del agua de lavado, lo que facilita el acceso de bacterias dentro de la glándula mamaria y en las unidades de ordeño ocasionando la contaminación de la leche (Philpot y Nickerson 2000; Moreno *et al.* 2007; Vázquez *et al.* 2014). Estudios realizados por Depiazzi y Bell (2002) evaluaron los efectos de la higiene en los pezones pre-ordeño sobre



**FIGURA 1.** Recuento de bacterias aerobias mesófilas en las muestras de leche cruda bovina según los tipos de ordeño manual y mecánico.



**FIGURA 2.** Recuento de bacterias aerobias mesófilas en las muestras de leche bovina según la aplicación de secado.

la calidad de la leche cruda y encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los recuentos de BAM, al comparar la preparación higiénica de los pezones previo al ordeño como el lavado, presellado y secado con toallas individuales ( $2,75 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ ), versus ningún tipo de higiene pre-ordeño ( $3,52 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ ); de esta forma, concluyeron que la higiene previa al ordeño es estrictamente necesaria para reducir la carga bacteriana presente en los pezones y por ende, disminuir el recuento total de BAM, lo que concuerda con el presente estudio.

A su vez, los resultados obtenidos por Durán y Duarte (2009) también coinciden con esta investigación; en su estudio, donde determinaron la calidad higiénica y sanitaria de siete fincas lecheras de la Sabana de Bogotá, encontraron que en el 29% de estas fincas no se limpiaba o secaban los pezones de las vacas y obtuvieron un recuento de BAM de  $5,77 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ , mientras que en el 71% de las fincas restantes, donde sí se realizaba esta práctica, el recuento fue de  $5,37 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ . De esta forma, al igual que en el presente estudio, los autores recomendaron cumplir con los protocolos de limpieza y secado de pezones con el fin de prevenir que escurra agua hasta las pezoneras y se incremente el riesgo de ocurrencia de mastitis y elevados recuentos de BAM.

En este orden de ideas, cabe señalar que los resultados obtenidos en el recuento de BAM según la aplicación de secado califican en la categoría A para leche cruda establecida en la normativa nacional COVENIN (1987). Posada *et al.* (2010), afirman que el mejoramiento de la calidad higiénica es un elemento por fundamental para avanzar en la competitividad del sector lácteo; la precaria situación actual de la calidad de la leche compromete las

posibilidades de conquistar mercados externos y aumentar el consumo per cápita nacional.

## CONCLUSIONES

El porcentaje de eficiencia higiénica de las fincas evaluadas no fue satisfactorio, correspondiendo a 63,89% para la finca 2 y 54,84% para la finca 1. La finca con ordeño manual expresó el menor recuento de bacterias aerobias mesófilas con  $5,24 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ , comparado con el  $5,61 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$  de la finca con ordeño mecánico. Adicionalmente, la realización del secado de los pezones favoreció la calidad de la leche, detectándose  $5,25 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$  de aerobios mesófilos; mientras que sin el secado se obtuvo un promedio de  $5,60 \text{ Log}_{10} \text{ UFC/mL}$ . A pesar de que la leche cruda de las unidades de producción estudiadas cumple con los requisitos exigidos para bacterias aerobias mesófilas, es necesario estudiar otros grupos microbianos como los coliformes para garantizar que la misma no represente un riesgo de salud pública.

## REFERENCIAS

- Alfaro ME, Hurtarte AG, Valle RF. 2014. Implementación de un manual de ordeño higiénico en dos establecimientos lecheros y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en el departamento de Sonsonate, El Salvador [tesis]. [San Salvador, El Salvador]: Universidad de El Salvador.
- Almeida AC, Santos CA, Menezes IR, Teixeira LM, Costa JP, Souza RM. 2016. Perfil sanitário de unidades agrícolas familiares produtores de leite cru e adequação à legislação vigente. *Cienc. Anim Bras.* 17(3): 303-315. Doi: [10.1590/1089-6891v17i314597](https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i314597).
- Arguello JA. 2015. Efecto del sistema de ordeño en la calidad de la leche de los productores de

- la cooperativa colega [tesis]. [Bogotá (CO)]: Universidad de la Salle.
- Bermúdez EN, de Silvestri JA. 2006. Análisis del proceso de ordeño y de la calidad higiénica de la leche utilizada en la fabricación del queso Paipa en el municipio de Paipa Boyacá, Colombia. *Rev. de Investigación*. 6(2): 163-170.
- Calderón A, García F, Martínez G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev MVZ Córdoba*. 11(1): 725-737.
- Calderón A, Jiménez G, García F. 2008. Determinación de buenas prácticas de ordeño en un grupo de gestión empresarial de ganaderos del altiplano Cundiboyacense. *Rev UDCA Act. & Div Cient*. 11(1): 143-152.
- Castillo JA, Chaves JP. 2008. Implementación de la documentación de las buenas prácticas de manufactura y establecimiento de los manuales de procedimiento de las pruebas físicoquímicas en una planta de enfriamiento de leche [tesis]. [Bogotá (CO)]: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cedeño DC, Vera LA, Gavilanes PI, Saltos JV, Loor RK, Zambrano JF, Demera FM, Almeida AM, Moreira JC. 2015. Factores que afectan la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda comercializada en Calceta-Bolívar-Manabí, Ecuador. *Av Inv Agrop*. 19(3): 37-54.
- Chahine M. 2014. La higiene en el ordeño [Internet]. Portal Veterinaria; [citado 2019 jun. 2]. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/11541/articulos-rumiantes-archivo/la-higiene-en-el-ordeno.html>.
- [COVENIN] Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1983. Norma Venezolana N°938—Leche y productos lácteos. Métodos para la toma de muestras. Caracas (VZ): COVENIN. p. 17.
- [COVENIN] Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1987. Norma Venezolana N° 902—Alimentos. Método de recuento de aerobios mesófilos en placa de Petri. Caracas (VZ): COVENIN. p. 5.
- [COVENIN] Comisión Venezolana de Normas Industriales. 1993. Norma Venezolana 903—Leche Cruda. Caracas (VZ): COVENIN. p. 8.
- Da Silva SASD, Kanugala KANP, Weerakkody NS. 2016. Microbiological quality of raw milk and effect on quality by implementing good management practices. *Proc Food Sci*. 6: 92-96. Doi: [10.1016/j.profoo.2016.02.019](https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.019).
- Depiazzi L, Bell I. 2002. Effects of pre-milking teat sanitation on the quality of raw milk. Perth(AU): Department of Agriculture and Food, Western Australia. Bulletin 4563. p. 43.
- Di Rienzo J, Casanoves F, González I, Tablada E, Díaz M, Robledo C, Balzarini M. 2018. InfoStat® Software Estadístico. Córdoba (Arg): FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Durán J, Duarte S. 2009. Diseño y aplicación de un programa de buenas prácticas de ordeño para mejorar la calidad higiénica de la leche en hatos de la sabana de Bogotá [tesis]. [Bogotá, (CO)]: Universidad de la Salle.
- [FAO] Food and Agriculture of the United Nations. 2001. Definiciones y uso de términos lecheros. Programa de Normativas Alimentarias: Leche y productos lácteos. p. 130.
- [FAO] Food and Agriculture of the United Nations. 2012. Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Directrices FAO: Producción y Sanidad Animal No. 8 p. 40.
- Gaviria BC. 2007. Calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda. En: Olivera M, editora. Buenas prácticas de producción primaria de leche. Medellín (CO): Editorial Biogénesis. p.115–122.
- Gonzales P. 2015. Manual de buenas prácticas de ordeño. Callao (Perú): Cáritas del Perú.
- González DJ. 2013. Evaluación y ejecución de un plan de mejoramiento de la calidad de leche cruda en el centro de acopio CILEDCO con base en el decreto 616 de 2006 [tesis]. [Cartagena, (CO)]: Universidad de Cartagena.
- [INAMEH] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2016. Estadísticas de precipitación estatal [Internet]. Caracas (VNZ): INAMED; [consultado 2019 may. 30]. Disponible en: <http://www.inameh.gob.ve/web/>
- [INTI] Instituto de Tecnología Industrial. 2016. Calidad bacteriológica de la leche cruda: Limpieza de la máquina de ordeño y el tanque. Buenos Aires (ARG): INTI.
- Luigi T, Rojas L, Valbuena O. 2013. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y

- pasteurizada expendida en el estado Carabobo, Venezuela. *Rev SALUS*. 17(1): 21-33.
- Marcondes MI, Jácome DC, da Silva AL, Navajas L, dos Santos AC. 2014. Evaluation of raw milk quality in different production systems and periods of the year. *R Bras Zootec*. 43(12): 670-676. Doi: [10.1590/S1516-35982014001200007](https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001200007).
- Martínez MM, Gómez CA. 2013. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Rev BSAA*. 11(2): 93-100.
- Martínez R, Tepal JA, Hernández L, Escobar MC, Amaro R, Blanco MA. 2011. Mejora continua de la calidad higiénico-sanitaria de la leche de vaca—Manual de capacitación. Cuajimalpa (MX): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- [MSAS] Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, República de Venezuela. 1996. Normas de buenas prácticas de fabricación, almacenamiento y transporte de alimentos para consumo humano. [Internet]. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela* N° 36081; [citado 2019 may. 30]. Disponible en: <http://www.safeintl.com/descargas/Gaceta-oficial-36081-Normas-de-buenas-practicas-de-fabricacion-almacenamiento-y-transporte-de-alimentos-para-consumo-humano.pdf>
- Méndez VM, Osuna LE. 2007. Caracterización de la calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda en algunos sistemas productivos de la región del Alto del Chicamocha, Departamento de Boyacá [tesis]. [Bogotá (CO)]: Universidad de la Salle.
- Moreno FC, Rodríguez G, Méndez VM, Osuna LE, Vargas MR. 2007. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha. *Rev Med Vet*. 14: 61-83.
- Munera OD. 2017. Identificación de factores relacionados con la calidad higiénica y sanitaria de la leche en tanque en predios con ordeño mecánico del Norte de Antioquia [tesis de maestría]. [Medellín (CO)]: Universidad de Antioquia.
- Ortiz TA. 2014. Evaluación de la calidad higiénica, sanitaria e inocua, de la leche de tanque en hatos lecheros del oriente y norte de Antioquia [tesis]. [Medellín (CO)]: Universidad Nacional y a Distancia.
- Pinzón A. 2006. Determinación del índice de bacterias mesófilas aerobias presentes en la leche cruda versus leche pasteurizada que se comercializan en la zona urbana de la ciudad de Popayán [tesis]. [Medellín (CO)]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Philpot, N, Nickerson S. 2000. Mastitis: Ganado, la lucha contra la mastitis. USA: Babson Bros Co. 192 p.
- Posada S, Loaiza E, Restrepo J, Olivera MA. 2010. Caracterización del ordeño manual e identificación de puntos críticos de control para calidad higiénica de la leche en una finca del norte de Antioquia. *Rev Lasallista de Investigación*. 7(2): 35-46.
- Reyes G, Molina B, Coca RC. 2010. Calidad microbiológica de la leche cruda. En: Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz. Veracruz (MX): pp. 78-88.
- Riquelme NJ, Bonifaz N. 2012. Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja*. 15(1): 55-68.
- Silva R, Alzate J, Reyes C. 2014. Evaluación de las prácticas de ordeño, la calidad higiénica y nutricional de la leche en el municipio de Granada, Antioquia, Colombia. *Rev UDCA Act. & Div Cient*. 17(2): 467-475.
- Tessema A, Tibbo M. 2013. Hygienic milk processing: Clean environment, Clean utensils. Technical bulletin. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICAR-DA), p. 14.
- Vázquez E, Pérez E, Hurtado L, Alcántara L. 2014. Evaluación de la calidad microbiológica de la leche: revisión sistemática de 2003 a 2013. *Rev Iberoamericana de Ciencias*. 1(3): 91-99.
- Vasallo AM, Villoch A, Ribot AR, Ponce PP. 2014. Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. *Rev Salud Anim*. 36(1): 14-18.
- Werncke D, Gabbi AM, Abreu AS, Felipus NC, Machado NL, Cardoso LL, Schmid FA, Alessio DRM, Fischer V, Thaler A. 2016. Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. *Arq*

- Bras Med Vet Zootec. 68(2): 506-516. Doi: [10.1590/1678-4162-8396](https://doi.org/10.1590/1678-4162-8396).
- Zambrano JJ, Grass JF. 2008. Valoración de la calidad higiénica de la leche cruda en la asociación de productores de leche de Sotará – Asproleso, mediante las pruebas indirectas de resazurina y azul de metileno. BSAA. 6(2): 56-66.
- Zucali M, Battelli G, Battini M, Bava L, Decimo M, Mattiolo S, Povoletto M, Brasca M. 2016. Multi-dimensional assessment and scoring system for dairy farms. Italian J of Animal Science. 15(3): 492-503. Doi: [10.1080/1828051X.2016.1218304](https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1218304).

### Article citation

Guevara B, Rivas MC, Silva-Acuña R. 2020. Calidad higiénico-sanitaria de dos sistemas de ordeño en fincas bovinas ubicadas en el sector Vuelta Larga, municipio Maturín, estado Monagas (Venezuela). [Hygienic-sanitary quality of two milking systems in bovine farms located in sector Vuelta Larga, Maturín municipal state, Monagas state (Venezuela)]. Rev Med Vet Zoot. 67(1): 60-71. Doi: [10.15446/rfmvz.v67n1.87687](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87687).

## Predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks due to soil management factors of *Brachiaria decumbens* pastures using Tier 2 IPCC Methodology

A. Silva-Parra<sup>1\*</sup>, J. Mora-Delgado<sup>2</sup>, L. M. Barrera-Rojas<sup>3</sup>

Artículo recibido: 28 de agosto de 2019 · Aprobado: 30 de enero de 2020

### ABSTRACT

Soil carbon sequestration refers to the process of transferring carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from the atmosphere into the soil. The objective of this research was to do a simulation of how soil management factors in pastures can contribute to mitigate climate change by reducing soil CO<sub>2</sub>-eq emissions due to increases of soil organic carbon. In livestock systems of Cumaral (Meta), Colombia, IPCC Tier 2 methodology was used to compare changes in soils C stocks under (a) two pasture types: *Brachiaria decumbens* grass pastures (B1) and *Brachiaria decumbens* grass pastures associated with *Pueraria phaseoloides* legume (B2); (b) four increasing doses of CaCO<sub>3</sub>: 0, 1.1, 2.2, 3.3 tons ha<sup>-1</sup>; (c) three sources of N, P, K fertilizers: 100 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 200 kg ha<sup>-1</sup> Triple Superphosphate and 100 kg ha<sup>-1</sup> Potassium Chloride. The statistical design was a randomized complete block in factorial arrangement 2 x 4 x 3. Tukey test indicated that the inclusion of kudzu in *B. decumbens* pasture (B2), 2.2 and 3.3 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> in both pastures, and the fertilization of B1 with Urea and B2 with Triple Superphosphate presented a greater benefit in soil C accumulation and CO<sub>2</sub>-eq emissions neutralization. Additional cluster analysis showed that B2 liming with higher lime doses regardless of the type of fertilizer used presented major soil C stored grouped in Cluster 1. We concluded that these soil management factors should be feasible to implement in pastures, that can help offset the negative effects of global climate change on livestock systems at tropical zones.

**Keywords:** Carbon stocks, climate change, fertilizers, simulation.

## Predicción de emisiones y sumideros de CO<sub>2</sub> del suelo debido a factores de manejo del suelo de *Brachiaria decumbens* usando Tier 2 metodología IPCC

### RESUMEN

El secuestro de carbono en el suelo se refiere al proceso de transferencia de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera al suelo. El objetivo de esta investigación fue hacer una

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Grupo de Investigación Innovación en Sistemas Agrícolas y Forestales ISAF, Universidad de los Llanos, Sede Barcelona. Villavicencio, Meta (Colombia).

<sup>2</sup> Departamento de Producción Pecuaria, Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena Parte Alta, Ibagué, Tolima (Colombia).

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Grupo de Investigación Territorio y Ambiente. Universidad de los Llanos, Sede Barcelona. Villavicencio, Meta (Colombia).

\* Autor para correspondencia: [jrmora@ut.edu.co](mailto:jrmora@ut.edu.co)



simulación de cómo los factores de manejo del suelo en pasturas, pueden contribuir a mitigar el cambio climático al reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$ -eq del suelo debido a los aumentos de acumulación de carbono orgánico en el suelo. En sistemas ganaderos de Cumaral (Meta), Colombia, se utilizó la metodología Tier 2 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para comparar los cambios en las existencias de C del suelo en (a) dos tipos de pasturas: pasturas de pasto *Brachiaria decumbens* (B1) y pasturas del pasto *Brachiaria decumbens* asociadas con leguminosa de *Pueraria phaseloides* (B2); cuatro dosis crecientes de  $\text{CaCO}_3$ : 0, 1.1, 2.2, 3.3 tons  $\text{ha}^{-1}$ ; y (c) tres fuentes de fertilizantes N, P, K: 100 kg  $\text{ha}^{-1}$  Urea, 200 kg  $\text{ha}^{-1}$  Superfosfato triple y 100 kg  $\text{ha}^{-1}$  Cloruro de potasio. El diseño estadístico fue un bloques completos al azar en arreglo factorial  $2 \times 4 \times 3$ . El test de Tukey indicó que la inclusión de la leguminosa en la pastura (B2), la aplicación de 2.2 y 3.3 tons  $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$  en ambas pasturas y la fertilización de B1 con Urea y de B2 con Superfosfato triple presentaron un mayor beneficio en la acumulación de C del suelo y la neutralización de las emisiones de  $\text{CO}_2$ -eq. El análisis de cluster adicional mostró que B2 enclada con más altas dosis de cal indistintamente del tipo de fertilizante usado presentaron mayor almacenamiento de C del suelo agrupados en el Cluster 1. Nosotros concluimos que estos factores de manejo de suelos deberían ser factibles de implementar en pasturas, lo que puede ayudar a compensar los efectos negativos del cambio climático global en los sistemas ganaderos de zonas tropicales.

**Palabras clave:** Stocks de C, cambio climático, fertilizantes, simulación.

## INTRODUCTION

Carbon sequestration is represented by an increase in the stocks of carbon in any reservoir other than the atmosphere (IPCC 2006). Soil carbon sequestration is a process in which  $\text{CO}_2$  is removed from the atmosphere and stored in the soil carbon pool. The soil is considered the main temporary reservoir ecosystem of C (Lal 2014). Globally, soil systems contain up to three or more C than above-ground biomass (560 GT) (Alexander *et al.* 2015).

Technical potential for soil organic carbon (SOC) sequestration at global (Olsen 2013) and US (Swan *et al.* 2015; Sperow 2016) scales, generally support these earlier estimates of a significant soil C sink potential, on the order of hundreds of teragrams (1 Tg equals 1 million metric tonnes) per year in the United States and roughly an order of magnitude higher globally. However, there are very few re-

ports of mitigation practices associated to absorption potential of soil  $\text{CO}_2$  emissions in pastures in Colombia (Naranjo *et al.* 2012; Parra and Mora-Delgado 2017; Parra *et al.* 2019), and specifically in the area of influence (Silva and Orozco 2018).

Soil management factors of land use FLU (extensive pasture), soil management factor FMG (degraded pasture) and input by crop residues FI (low level) were influential factors on losses of soil C rates associated with emissions of soil  $\text{CO}_2$ -eq to the atmosphere in tropical zone of Ariari zone of Orinoquia, Colombia (Silva and Orozco 2018). This process is primarily mediated by plants through photosynthesis, with carbon stored in the form of soil organic matter (SOM) (IPCC 2014), accounting for about 75% of total soil C stored and plays a major role in determining atmospheric concentrations of  $\text{CO}_2$ -eq and climate change (Chambers *et*

al. 2016). Factor land use (FLU), currently accounting for about 25% of global GHG emissions (IPCC 2006), must be part of an effective climate change mitigation strategy for agricultural systems of Meta state. In tropical zones, improved grazing management (appropriate pastures, use of lime and fertilizers) optimizes productivity, and offers GHG mitigation and adaptation benefits (Thornton and Herrero 2010). *Brachiaria* grasses are the most widely used forages for livestock in the tropics. *Brachiaria* pastures releases biological nitrification inhibitors (BNIs) from its roots, which reduce GHG emissions by inhibiting nitrification in the soil (Moreta *et al.* 2014). However, any change in pastures land use may significantly alter related source or sink characteristics for atmospheric soil CO<sub>2</sub>-eq and other GHGs (Naranjo *et al.* 2012), the incorporation of legumes in the pastures can increase the soil C reserves (Lal 2014; Guan *et al.* 2016). In general, increased soil C accumulation in pastures is associated with a land use factor (FLU), related the type of land use (i.e. extensive pastures, intensive pasture, silvopastoral systems), an input factor (FI) which is related to the input of C in soil for pasture residues, and a soil management factor (FMG) related to the input applied (i.e. improved pasture, degraded pasture, no degraded pasture) (IPCC 2006). According to Mosquera *et al.* (2012) comparing soil C stocks at 1 m equivalent under *B. decumbens* and *B. decumbens* associated with legumes showed 114.2 and 121.6 tons C ha<sup>-1</sup> in flat topography and 102.0 and 153.4 tons C ha<sup>-1</sup> in the sloping areas respectively, these differences were obtained in (less than) 15 years, indicating the advantages of the legume in pasture. Also, positive effects on SOC by consortium of *Crotalaria*

legume with corn crop was reported by Corrêa *et al.* (2014).

Hence, soil organic carbon (SOC) accumulation largely depends on type of legume cover on pasture, due to that grass and legume species differ in root depth and spatial distribution (Guan *et al.* 2016). The synthesis by Chambers *et al.* (2016) suggests that with proper management of grazing and pasture can actively sequester soil C for 20 years (lifetime approximate benefits range from 0.02 to 0.44 tons C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>).

Since then, rates of SOC sequestration through adoption of best management practices have been assessed for diverse land uses and eco-regions, such as the inclusion of cover crops in pastures (Poeplau and Don 2013; Lal 2015), for conversion of extensive pasture for improved pasture (Naranjo *et al.* 2012; Parra *et al.* 2019). Accumulation of SOC in improved pastures also can occur following changes in soil management practices as lime and fertilizer application, that either increase the production of residue remaining on the field or decrease the losses of soil organic carbon in the form of carbon dioxide (Lal 2015). When low fertility soils pastures receive fertilizer and/or lime, forage productivity and SOC levels generally increase, which probably led to more roots, forage residues and animal feces to supply the particulate and total organic C fractions (Bennett *et al.* 2014; Paradelo *et al.* 2015). Consequently, according to Paradelo *et al.* (2015) reviewed the literature found that, on balance, liming increased soil C content mostly because it increased crop yields and therefore residue returns. Also, Poeplau and Don (2013) found that lime applied at 5 tons ha<sup>-1</sup> was still improving aggregate stability, vegetation cover, total C and N and soil respiration 12 years after application. There is a need to understand

the interactions between pasture type, liming and N, P, K fertilizers sources to achieve higher SOC and reduced soil CO<sub>2</sub>-eq emissions in productive tropical grasslands. These practices are suggested also to optimize the availability of good quality grass biomass in relation to animal requirements, leading to improved productivity (Parra and Mora-Delgado 2017).

Gibbons *et al.* (2014) looked at the trade-off between lime applications and greenhouse gas (GHG) emissions on livestock farms. Lime increases soil pH, improves pastures growth, and decreases extractable Al<sup>3+</sup> possibly generating optimal soil conditions for a greater soil C accumulation (Goulding 2016). The objective of this research was evaluate the effect of two types of *Brachiaria decumbens* pasture, alone and in association with legume of kudzu *P. phaseoloides*, four doses of lime and three fertilizer sources N, P, K in the simulations of soil C stocks over the next 20 years and CO<sub>2</sub>-eq emissions applying the IPCC Tier 2 methodology, in order to define soil practices management that contribute to a greater extent to mitigate soil CO<sub>2</sub> emissions.

## MATERIALS AND METHODS

### Study site

The experiment was conducted in livestock zone of Cumaral, Meta state, located at 452 meters above sea level on the eastern Cordillera of Colombia (4°16'10"N, 73°29'11"W). Grasslands are the largest ecosystems in the world with an estimated area of 52.2 million km<sup>2</sup>, corresponding to around 40% of the total land in the world, while pasture areas in Colombia are estimated around 33.9% of the country total area with 28,245,262 animal heads. Meta

contributes 7.38% of the country's bovine production and Cumaral with 58,453 animal heads at 2020 (ICA 2020). In the area predominates extensive pastures of dual-purpose livestock. In the area the main problem of livestock production is pasture degradation due to the reduced pasture and animal management. The clay soil is on alluvial terraces at the site was classified as Ultisol (Soil Survey Staff 2006). The mean annual temperature is 25.5°C, the annually average rainfall is 3856 mm, 70% of the precipitation occurs between April and June. Relative humidity between 75-90% depending of season types.

### Statistical design

The statistical design of this study was a randomized complete block design in factorial arrangement 2 x 4 x 3, factor A refers to two pasture types already established previously where: B1 = *Brachiaria decumbens* grass of 10 years of established, B2 = *Brachiaria decumbens* grass associated with kudzu *P. phaseoloides* legume of 5 years of established; factor B refers to different lime doses respect to the recommended lime dose according to soil analysis accounting by 3.3 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> (Castro and Gómez 2010).

$$\text{Tons CaCO}_3/\text{ha} = 1.8 \times (Al - (RAS (Al + Ca + Mg))/100) \quad (1)$$

Where 1.8 is a constant, RAS it is the maximum percentage of aluminum that tolerates *Brachiaria* grasses 35%, Al is aluminum concentration (3.1 cmol kg<sup>-1</sup>), was determined by using potassium chloride 1 N extraction and quantification by volumetric colorimetric, Ca+Mg are soil bases ( 2.2 and 1.3 cmol kg<sup>-1</sup>), that were determined by ammonium acetate extraction 1 N (pH 7), following the standardized

methods and procedures and recommended by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2016). Description of soil properties in initial soil analysis showed extremely acid pH (4.5), measured with a potentiometer method, for which a water:soil solution (1:1) was prepared (IGAC 2016).

Lime doses ( $\text{CaCO}_3$ ) treatments were L0 = no lime, L1 = 1/3 of the recommended lime dose (1.1 tons  $\text{ha}^{-1}$ ), L2 = 2/3 of the recommended lime dose (2.2 tons  $\text{ha}^{-1}$ ), L3 = 3/3 of the recommended lime dose (3.3 tons  $\text{ha}^{-1}$ ); factor C refers to doses of N, P, K fertilizers sources, corresponding to F1 = 100 kg  $\text{ha}^{-1}$  Urea, F2 = 200 kg  $\text{ha}^{-1}$  triple superphosphate (TSP), F3 = 100 kg  $\text{ha}^{-1}$  potassium chloride (PCL). For a total of 24 experimental treatments and 3 replicates for a total of 72 experimental units.

### Treatment management

The lime and fertilizer doses were applied to each experimental unit with an area of 4 x 5 m, 20  $\text{m}^2$ , the experiment was conducted from February 2017 to February 2018, the lime and fertilizer doses were applied after the first cut (the pasture is cut every three months and there are four cuts in an one year), and were not reapplied (a single application) during the experiment, the application of products was done randomly on each experimental unit in Abril during rainy season, first the lime was applied and then the fertilizers because the applied doses are recommended per year, the treatments were evaluated for one time at the end of the fourth cut. The renewal of the legume *P. phaseloides* in the pasture is made every two years.

### Initial soil C stock determination

Three soil samples were taken in each experimental unit at a depth of 30 cm with a hole, and they were mixed to obtain a

composite sample, for a total of 72 soil samples, the samples were taken at the end of the fourth cut in each experimental unit, 9 months after starting treatments, which were prepared in Analytical Soils Services Laboratory at Unillanos University, Villavicencio, Colombia.

Soil organic carbon (SOC) was determined by the Walkley-Black volumetric colorimetric, following the standardized methods and procedures recommended by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2016). The samples for soil bulk density were dried at 100°C until obtaining a constant weight, for determination of their mass by the paraffin-shaped method. The initial soil C stocks of each experimental units were calculated using the following equation 2 (IPCC 2006). Quality control was assured by using duplicates. Reagent blank and several certified reference materials were used to check the accuracy and precision of the analytical data:

$$\text{Initial soil C stock (tons } \text{ha}^{-1}\text{)} = 10 \times (C \times bd \times d) \text{ (2).}$$

Where  $C$  is the amount of carbon in tons  $\text{ha}^{-1}$ ,  $bd$  is the bulk density in tons  $\text{m}^{-3}$ , and  $d$  is the sampling at 30 cm depth. Values of bulk density in the field was uniform and ranged of 1.2 to 1.24 tons  $\text{m}^{-3}$  between the experimental units.

### Predicting Soil Greenhouse Gas Emissions

Final soil C stocks over the next 20 years were determined (IPCC 2006), equation 3:

$$\text{Final Soil C stock (tons C } \text{ha}^{-1}\text{)} = \text{Initial Soil C stock} * \text{IPCC default} \text{ (3)}$$

Where *IPCC default* were factors related to soil management practices: land

use (FLU), tillage practices (FMG) and residue inputs (FI) for a time-period of 20 years (Table 1). Simulation of gains and/or losses ratio of soil C by soil management factors effects were estimated by using specific Tier 2 methodology proposed by IPCC (2006), equation 4:

$$Gains\ and/or\ losses\ soil\ C\ rates\ tons\ C\ ha^{-1}\ yr^{-1} = Initial\ Soil\ C\ stock - Final\ Soil\ C\ stock / T \quad (4)$$

Which *T* is time dependence on a projection of twenty years old for default values that represents soil C stocks changes by the influence of soil management factors in grasslands at 0.30 m depth (IPCC 2006). In addition to the intensity of management adopted (for instance, high, medium and low inputs) those factors take into account also climate and soil type in the specific region (tropical zone). The rates served to project soil CO<sub>2</sub>-eq

**TABLE 1.** IPCC default values for estimating changes of soil C stocks (projection in 20 years old at 0.30 m depth) in pastures.

Factor	Level	Climate regime	IPCC default	Definition	Treatments used
Land use (FLU)	Permanent grassland	All	1.0	All permanent grassland is assigned a land-use factor of 1.	All
Management (FMG)	Improved grassland	Tropical	1.17	Represents grassland which is sustainably managed with moderate grazing pressure and that receive at least one improvement (e.g., fertilization, species improvement, irrigation).	All
Input (applied only to improved grassland) (FI)	Medium	All	1.0	Applies to improved grassland where no additional management inputs have been used.	B1-L0-F1, F2, F3 B2-L0-F1, F2, F3
Input (applied only to improved grassland) (FI)	High	All	1.11	Applies to improved grassland where one or more additional management inputs/improvements have been used (beyond that is required to be classified as improved grassland)	B1 and B2-L1, L2, L3-F1, F2, F3

Adapted of IPCC (2006).

B1 = *Brachiaria decumbens* grass, B2 = *Brachiaria decumbens* grass associated with kudzu *P. phaseoloides* legume. L0 = no lime, L1 = 1/3 of the recommended CaCO<sub>3</sub> dose (1.1 tons ha<sup>-1</sup>), L2 = 2/3 of the recommended CaCO<sub>3</sub> dose (2.2 tons ha<sup>-1</sup>), L3 = 3/3 of the recommended CaCO<sub>3</sub> dose (3.3 tons ha<sup>-1</sup>). F1 = 100 kg ha<sup>-1</sup> Urea, F2 = 200 kg ha<sup>-1</sup> triple superphosphate (TSP), F3 = 100 kg ha<sup>-1</sup> potassium chloride (PCI).

emissions and/or sinks to the atmosphere. A conversion factor of C to CO<sub>2</sub> of 3.67 was used (IPCC 2006).

### Statistical analyses

The initial, and final soil C stocks, soil CO<sub>2</sub>-eq emissions data obtained at 0.30 m soil depth were analysed by ANOVA using a factorial design:

$$Y_{ijkl} = \mu + Bi + Lj + Fk + Bl + BLij + BFik + LFjk + BLFijk + \varepsilon_{ijk} \quad (7).$$

Where  $Y_{ijk}$  is the dependent variable,  $\mu$  is the variable mean,  $Bi$  is the pasture type (PT) effect  $i$ ,  $Lj$  is the lime doses (LD) effect  $j$ ,  $Fk$  is the N, P, K fertilizer sources (FS) effect  $k$ ,  $Bl$  is the block  $l$ ,  $BLij$  is the pasture type–lime doses interaction (PT  $\times$  LD),  $BFik$  is the pasture type–N, P, K fertilizer sources interaction (PT  $\times$  FS),  $LFjk$  is the lime dose–N, P, K fertilizer sources interaction (LD  $\times$  FS),  $BLFijk$  is

the type pasture–N,P,K fertilizer source–lime doses–block interaction (PT  $\times$  FS  $\times$  LD), and  $\varepsilon_{ijk}$  is the error. The Tukey test was used for subsequent comparisons ( $p < 0.05$ ) if the ANOVA was significant at 95 and 99% probability. Then, for the triple effects a single variable (soil CO<sub>2</sub>-eq emissions) was included in the cluster model by multivariate analysis according to euclidean distances. All statistical analysis were conducted in Info Stat versión 8.

## RESULTS

### Variance analysis

Table 2 shows that pasture type, lime doses, pasture\*lime doses, pasture\*fertilizers and triple interaction have significant impacts on the soil initial C stocks, soil final C stocks, and soil CO<sub>2</sub>-eq emissions, when the significant level is 0.05 ( $p < 0.05$ ). While the interaction lime doses\*fertilizer

**TABLE 2.** Multi-factors variance analysis for changes in soil C stocks, and soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks

Source	Degree of Freedom	Initial soil C Stocks		Final soil C Stocks		Soil CO <sub>2</sub> -eq emissions and/or sinks	
		MS	F-ratio	MS	F-ratio	MS	F-ratio
Pasture type	1	1220.31	6.16*	1,650.42	7.46*	580.98	6.11*
Lime doses	3	598.10	3.02*	669.14	2.52*	300.01	3.15*
Fertilizers	2	1,112.45	5.61**	1,640.93	7.42**	537.22	5.65**
Pasture*lime doses	3	630.32	3.18*	716.68	3.24*	290.15	3.05*
Pasture*fertilizers	2	679.15	3.42*	750.66	3.40*	329.87	3.47*
Lime dose*fertilizer	6	290.15	1.46ns	382.66	1.73ns	135.05	1.42ns
Pasture*lime doses*fertilizers	6	532.10	2.68*	557.58	2.52*	265.01	2.78*
Error	25	198.01		221.06		95.01	
Total	71						

MS=Mean Square, F-ratio=MS/error and compared at 95%, 99% probability, table F Fischer

is not significant, when the significant level is 0.01 and 0.05. However, fertilizer is highly significant, when the significant level is 0.01 ( $p < 0.01$ ).

**Effect of pasture type on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks**

Simulation of soil CO<sub>2</sub> sinks was highly dependent on pasture type, the initial and final soil stocks C sinks simulation was increased with B2, where B1 allows to store less soil C that B2, ranged between 72–159 tons C ha<sup>-1</sup> over the next 20 years ( $p < 0.05$ ) (Table 3). Both pastures type were positively associated with soil CO<sub>2</sub> emissions mitigation due that they act as soil C sinks (Table 3). B1 showed an increase of 2.05 times the content of initial soil C stock after 20 years, while in B2 the increase was 2.12 times, with difference between them ( $p < 0.05$ ). The

B1 and B2 pastures both predicts gains of soil C rates of 1.94 and 4.42 tons C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> respectively.

**Effect of lime doses on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks**

The higher soil C stocks contents, were detected in the higher lime doses treatments, compared to lower in the control (L0) and L1 ( $p < 0.05$ ). Liming with 3.3 and 2.2 t CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> stored more C and acts as higher soil CO<sub>2</sub> sinks accounting for -16 and -17 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> over the next 20 years respectively, with no difference between them ( $p > 0.05$ ), since the simulation showed that soil CO<sub>2</sub>-eq is not absorbed with L0, due to that non losses and/or gains of soil C are generated because IPCC methodology report “Applies to improved grassland where no additional management inputs have been

**TABLE 3.** Effects of pasture type, lime doses and fertilizer sources on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks (changes over the next 20 years).

Simple factors	Initial soil C stocks tons C ha <sup>-1</sup>	Final soil C stocks tons C ha <sup>-1</sup>	Total soil CO <sub>2</sub> -eq sinks tons CO <sub>2</sub> -eq ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>
<b>Pasture type</b>			
B1	35a* ± 5.0	72a ± 13.4	-7a ± 2.3
B2	75b ± 23	159b ± 33.4	-16b ± 3.3
<b>Lime doses</b>			
L0	36a* ± 9.5	36a ± 7.4	—
L1	48b ± 13.2	116b ± 35.4	-14a ± 2.3
L2	69c ± 28.2	158c ± 43.4	-17b ± 2.3
L3	67c ± 21.2	152c ± 38.4	-16b ± 2.1
<b>Fertilizers sources</b>			
F1	59b* ± 19.5	120b ± 27.4	-11.75b ± 2.5
F2	69b ± 23.2	148b ± 35.4	-15.21b ± 3.3
F3	38a ± 18.2	78a ± 13.4	-7.7a ± 2.3

\* For each variable analyzed values on the same column (factors) with different letters differ significantly ( $p < 0.05$ ), Tukey's test. B1 = *Brachiaria decumbens* grass, B2 = *Brachiaria decumbens* grass associated with kudzu *P. phaseloides* legume. L0 = no lime, L1 = 1.1 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L2 = 2.2 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L3 = 3.3 CaCO<sub>3</sub> tons ha<sup>-1</sup>. F1 = 100 kg ha<sup>-1</sup> Urea, F2 = 200 kg ha<sup>-1</sup> triple superphosphate (TSP), F3 = 100 kg ha<sup>-1</sup> potassium chloride (PCI).

used”, and therefore the default value is 1 (IPCC 2006). L1 generated soil C gains of 3.57 tons C ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> and neutralized soil CO<sub>2</sub> emissions of -14 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, being equal to L0 (p > 0.05). For instance our calculation showed that the addition of highest lime doses resulted in a net annual soil C gains of 4.7 and 4.5 tons C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> for L2 and L3 respectively.

**Effect of fertilizers sources on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks**

The fertilization with Triple superphosphate (F2) increased soil C stocks by 70 t C ha<sup>-1</sup> and with Urea (F1) by 42 t C ha<sup>-1</sup> (p > 0.05), when compared to the fertilization with Potassium chloride (F3) in a projection over the next 20 years (p < 0.05) resulting both in significant higher soil CO<sub>2</sub>-eq neutralization of -15.21 and -11.75 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> respectively

(Table 3). Soil CO<sub>2</sub>-eq sinks did not differ significantly between F1 and F2, accounting for gains of soil C rates of 3.21 and 4.15 tons C ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> respectively. The fertilization with F3 resulted in lower soil CO<sub>2</sub>-eq mitigation account with -7.7 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> (Table 3).

**Effect of pasture type and lime doses and pasture type and fertilizers interaction on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks**

Both soil liming with L2 and L3 increased soil C stocks in B1 and B2, no significant difference in soil C stocks among the two treatments was found (p > 0.05) (Table 4). In the pastures B1 and B2, in the first 0–30 cm soil detph in the treatment control L0 had less initial C storage and was different of the others (p < 0.05) (Table 4). The pasture B2 including liming practice of 2.2 and 3.3 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>

**TABLE 4.** Effect of pasture type and lime doses interaction and pasture type and fertilizer sources interaction on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks (changes over the next 20 years).

Sources	Initial soil C stocks tons C ha <sup>-1</sup>		Final soil C stocks tons C ha <sup>-1</sup>		Total soil CO <sub>2</sub> -eq sinks tons CO <sub>2</sub> -eq ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2
<b>Lime doses</b>						
L0	27 <sup>a</sup>	44a	27a	44a	—	—
L1	30a	67b	69b	163b	-8a	-18a
L2	42b	92c	95c	222c	-10b	-25b
L3	42b	97c	95c	209c	-10b	-22b
<b>Fertilizer sources</b>						
F1	44 <sup>c</sup>	73b	88c	152b	-8c	-12b
F2	34b	104c	70b	227c	-7b	-24c
F3	28a	47a	57a	99a	-6a	-10a

\* For each variable analyzed values on the same column (factors) with different letters differ significantly (p < 0.05), Tukey’s test. B1 = *B. decumbens* grass, B2 = *B. decumbens* grass associated with kudzu *P. phaseoloides* legume. L0 = no lime, L1 = 1.1 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L2 = 2.2 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L3 = 3.3 CaCO<sub>3</sub> tons ha<sup>-1</sup>. F1 = 100 kg ha<sup>-1</sup> Urea, F2 = 200 kg ha<sup>-1</sup> triple superphosphate (TSP), F3 = 100 kg ha<sup>-1</sup> potassium chloride (PCI).



account for neutralization of -25 and -22 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> respectively. Which indicates that mitigation of soil CO<sub>2</sub>-eq emission in B2 could be achieved by increasing lime doses application rate to a reasonable L2 level.

**Effect of pasture type and fertilizers sources on predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks**

The fertilization with 200 kg ha<sup>-1</sup> of Triple superphosphate (F2) in B2 increased final soil C stocks stored in a projection over the next 20 years by 75 and 128 tons C ha<sup>-1</sup>, when compared to the fertilization with 100 kg ha<sup>-1</sup> of Urea and K, respectively, that were higher than in B1. F2 significantly increased soil CO<sub>2</sub>-eq sinks by 2.0 and 2.4 times higher rates than F1 and F3 respectively, accounting for -24 tons CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> (p < 0.05) (Table 4). The fertilization with Urea in B1 increased final soil C stocks in a projection of 20 years, when compared to the fertilization with P and K fertilizer sources, showing difference with the other fertilizers sources used (p < 0.05). In B1 and B2 the fertilization with

K showed lower increases in neutralization of soil CO<sub>2</sub> emission.

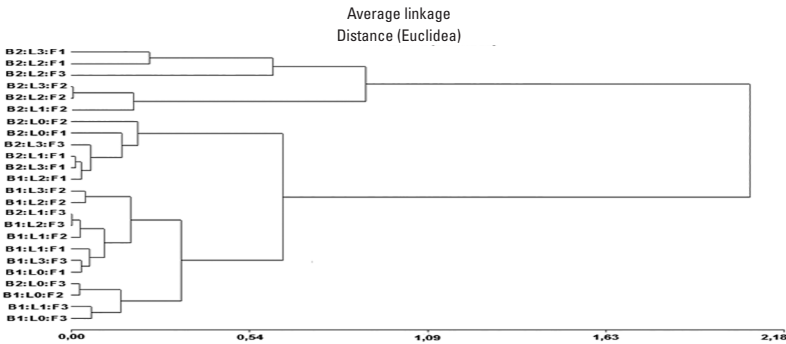
**Effect of pasture type, lime doses and fertilizers sources on predicting soil CO<sub>2</sub> sinks**

Our results in dendrogram of Figure 1. systematically illustrated the effect of pasture type, lime doses and N, P, K fertilizers sources on predicting soil CO<sub>2</sub>-eq sinks.

The cluster analysis showed that two large groups were formed. Cluster 1 form the major sinks of soil CO<sub>2</sub>-eq. B2 and higher lime doses were distinctly separated from B1 and non-lime and medium lime doses that form cluster 2, in both the fertilization with F1, F2 and/or F3 did not show the obvious patterns under different lime doses levels possibly due to that lime treatments increased the utilization of the fertilizers on soil CO<sub>2</sub>-eq sinks.

**DISCUSSION**

Because the advanced soil CO<sub>2</sub> emissions simulation depends on the factor



**FIGURE 1.** Hierarchical clustering analysis based on the Euclidean dissimilarity index. Dendrogram represents soil CO<sub>2</sub>-eq sinks similarity between the pasture type, lime doses and fertilizer sources interactions. B1 = *B. decumbens* grass, B2 = *B. decumbens* grass associated with kudzu *P. phaseoloides* legume. L0 = no lime, L1 = 1.1 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L2 = 2.2 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, L3 = 3.3 CaCO<sub>3</sub> tons ha<sup>-1</sup>. F1 = 100 kg ha<sup>-1</sup> Urea, F2 = 200 kg ha<sup>-1</sup> triple superphosphate (TSP), F3 = 100 kg ha<sup>-1</sup> potassium chloride (PCI).

evaluated, as initial soil C contents and soil bulk density, is a variable that did not vary, with ranges between 1.2 to 1.24 tons  $m^{-3}$  for clay soils, which are considered not to be soil physical limiting (IGAC 2016), and they are not indicating any degree of soil compaction in the pastures evaluated. Naranjo *et al.* (2012) reported 1.06 tons  $CO_2$  eq  $ha^{-1} yr^{-1}$  in a degraded pasture with soil compaction and overgrazing, where these pastures are generally managed under extensive grazing systems, with variable animal per hectare (stocking rates 0.85 UGG=450 kg of weight) in relation to the availability of biomass 7.0 tons DM  $ha^{-1} year^{-1}$ . Fisher *et al.* (2007), making an analysis in different types of pastures, reported that losses due to degradation and non management can represent 1.5 tons  $CO_2$ -eq  $ha^{-1} year^{-1}$ . Despite the huge potential for mitigation of the soil  $CO_2$ -eq emissions, especially in B2, as confirmed also by Guan *et al.* (2016), the legumes in pastures can be beneficial effects for SOC sequestration. It is important to point that soil C accumulation could be lost rapidly depending of the soil management decision taken on those sites. The use of nitrogen-fixing legumes as cover pastures can incorporate more than 200 kg N  $ha^{-1}$  (Guan *et al.* 2016). In general, more productive grass varieties practices are known to increase C input to the soil and thus soil organic carbón SOC (Olsen 2013; Sperow 2016). A plausible adoption rate of 30% of improved deep-rooted legumes associated to *Brachiaria pastures* at Cerrados of Brazil represented a mitigation potential of soil emission of -29.8 tons  $CO_2$ -eq  $yr^{-1}$  to the atmosphere (Thornton and Herrero 2010). Value than was higher that those simulated in this study account by -7 tons  $CO_2$ -eq  $yr^{-1}$  in B1, and -16 tons  $CO_2$ -eq  $yr^{-1}$  in B2. Agricultural

systems combine legume forages with grasses, improving animal nutrition and generating co-benefits like improved soil fertility and increased soil and biomass C accumulation (Parra *et al.* 2019). However, belowground C-inputs from exudation and root sloughing from C4 grasses are high in *Brachiaria* pastures, forming the base for soil organic matter-buildup in these systems (Anderson-Teixeira *et al.* 2016). In other research, Raji and Ogunwole (2006) showed that *B. decumbens* sequestered about 20 tons C  $ha^{-1}$  in 35 years (1.8 tons C  $ha^{-1} yr^{-1}$ ) lower when compared to the simulations of this study accounting 1.94 and 4.42 tons C  $ha^{-1} yr^{-1}$  in B1 and B2, over the next 20 years. Pastures of *Brachiaria brisantha*, *B. humidicola* and *Panicum maximum* inject substantial amounts of C into the soil which compensate or frequently even over-compensate for initial SOM-losses caused by deforestation (Guan *et al.* 2016). However, this holds true only for well-managed pastures, preferably also containing a legume component (Poeplau and Don 2013). According to Chambers *et al.* (2016), over the lifetime of the cropland soil health conservation practices, it can be expected that NRCS conservation practices sequester approximately 0.07 to 0.96 tons C  $ha^{-1} yr^{-1}$ . It could be verified that the fertilization of pasture, calagem use (Paradelo *et al.* 2015), the use of productive species, conversion of permanent pasture for improved pasture (Parra *et al.* 2019), the presence of legumes in pasture, increases soil C accumulation (Guan *et al.* 2016) and decrease GHG emissions (Naranjo *et al.* 2012). This study confirms that well-managed B2 on livestock system in the tropics can neutralizer soil  $CO_2$  emissions and accumulate soil carbon. Our results of greater effectiveness of the higher doses of limes on soil  $CO_2$  emission

simulation also coincided with Paradelo *et al.* (2015), that concluded that liming might be an effective mitigation strategy against climate change. Soil acidity at tropical zones is ameliorated by applying lime or other acid-neutralizing materials (Castro and Gómez 2010). 'Liming' also reduces N<sub>2</sub>O emissions, but this is more than offset by CO<sub>2</sub> emissions from the lime as it neutralizes acidity (Goulding 2016). However, this has to be balanced against the emissions of soil CO<sub>2</sub> when lime neutralizes acidity in soils, which must be reported in national greenhouse gas balance inventories (IPCC 2006), since in this study soil C sinks for lime are only considered regarding the gains of soil C. The greater effectiveness of lime is related to increases soil pH (Castro and Gómez 2010), improvement of the pH of the rhizosphere, higher microbial activity and generation of stable organic matter.

Our simulation showed that the fertilization with 200 kg ha<sup>-1</sup> of Superphosphate triple (F2) generated 14.49 and 44.92% more soil C stored than with 100 kg ha<sup>-1</sup> of Urea (F1) and Potassium chloride (F3). Possibly in acid soils such as those studied, *Brachiaria decumbens* pastures has a better ability to sequester soil C with the application of N and P fertilizers because soils tropical are soil NP deficient. On undegraded pastures (productive), the input of N is the essential element for the increased of pastures productivity (Silva *et al.* 2018), soil organic matter SOM by animal manure (Richardson *et al.* 2011). On other hand, adequate levels of soil P are important for root production in grass and clover pastures. Phosphorus applications favor legumes, therefore, they can be used to support legume growth in a grass/legume pasture (Richardson *et al.* 2011). High soil carbon contributions have been

reported from input from plant roots in grassland sites for fertilizer application (Tiemann *et al.* 2009), pasture growth and nutrient uptake result in some localized acidification around plant roots through the exudation of acids from the roots. However, according to Goulding (2016), excluding the particular case of legumes, the contribution of this to soil acidification is small <10% when compared with N and S fertilizer inputs, but it has an important influence on the bioavailability of plant nutrients in the rhizosphere, increasing pastures productivity and soil C stocks (Poeplau and Don 2013).

In double interaction, the implementation of kudzu on *B. decumbens* pasture (B2) including liming practice with the higher doses of lime application tend to store more soil C than in a alone *B. decumbens* pasture B1. The literature is rich with examples where soil conservation practices can be used to mitigate GHG emissions and adapt to climate change (Gibbons *et al.* 2014; Lal 2014), the increase in soil C stocks is subject to greater amounts of crop and pasture residues returned to the soil including minimal soil disturbance (Raji and Ogunwole 2006), reasons that could support the behavior obtained. Legume of lower C/N ratio increases mineralization process, improving soil fertility and increasing pasture aerial and root biomass, with increases in soil organic matter, possibly due to that the greater biological activity in limed soils, despite increasing soil respiration rates (Poeplau and Don 2013), led to plant C inputs being processed and incorporated into resistant soil organic-mineral pools more effectively (Paradelo *et al.* 2015). Greater biological activity in limed soils and legumes, despite increasing soil respiration rates, led to plant C inputs being

processed and incorporated into resistant soil organic-mineral pools more effectively (Poeplau and Don 2013). Liming in pastures and legume might be an effective mitigation strategy against climate change (Gibbons *et al.* 2014). Fertilizers provided the essential elements of N, P, and K for pasture growth, which improved the shoot, root, and total biomass, a best response of B1 to the fertilization with Urea and B2 to the fertilization with Triple Superphosphate on soil C sinks, would be indicating that tropical pastures on nutrient-poor soils respond positively to the fertilization with N and P fertilizers, regardless of the type of pasture. For example, the fertilization with N and cover cropping can increase soil organic C and total N by increasing the amount of plant residues returned to the soil (Sainju *et al.* 2008). This situation can also corroborate the result indistinctly of the fertilization with N, P, K fertilizer sources on higher mitigation of soil CO<sub>2</sub>-eq with B2 and the higher lime doses. Our study of both cluster analysis identified showed that soil C sinks are determined mainly by pasture type and lime doses that possibly influence fertilizers used. Plants contribute to the formation of stable aggregates (SOM) protected from degradation in soil through fine roots and mycorrhizal associations, root litter contributes about one third of total litter inputs in grassland soils and half in forest soils where rhizodeposition represents about 11% of the C assimilated by plants or 27% of that allocated to roots (Freschet *et al.* 2013). On the other hand, the effect of liming and fertilization on soil C stock varies with the nature of the fertiliser, as well as with the climate and other site-specific factors (Goulding 2016).

The presence of legumes in a pasture, reduces the amount of N fertilizer needed to support forage production. Pastures vary in their tolerance to acidity, mainly associated with legumes (Chambers *et al.* 2016); but also biological nitrification inhibition (BNI) in *Brachiaria* pastures is a novel strategy to improve eco-efficiency of crop-livestock systems and to mitigate climate change (Moreta *et al.* 2014). Lime can improve the efficiency of fertilizer use in nutrient-poor tropical soils according to edafic and climatic conditions (Castro and Gómez 2010). Positive response of lime was observed on soil C stocks (Paradelo *et al.* 2015). The fertilization with N and lime has been essential for the increase in SOC content, considered N as a limiting factor for the growth of pastures, reducing soil CO<sub>2</sub> emissions (Lal 2014), however, they can increase N<sub>2</sub>O emissions (Naranjo *et al.* 2012). Unlike of Rigueiro-Rodríguez *et al.* (2011) in silvopastoral systems with *Pinus radiata* in which the combination of lime and high doses of sewage sludge (480 kg N total ha<sup>-1</sup>) reduced the SOM, could come from the increment of the SOM mineralization rate as a result of the inputs of Ca to the soil caused by both practices, which could therefore reduce the soil capacity to sequester carbon. We also verified in triple interaction of dendrogram that both pastures showed little response to the fertilization with Potassium chloride (F3). Possibly, the effect of fertilizer with K is not as evident in improving microbial activity, as it is with N and P fertilizers. The grassland SOM mainly derived from roots, senescent leaves and stems of the vegetations, where soil microorganisms exert a dominant influence on the net soil C balance by controlling soil organic matter (SOM) decomposition and plant

nutrient availability (Conant *et al.* 2001). However, in pastures of livestock systems of Cumaral optimizing the lime doses with the verified in this study, the use of fertilizers is made more efficient, favoring possibly other physical-chemical and biological processes in the soils and pastures. Grassland management including fertilization was crucial to the grassland recovery from overgrazing due to higher C stored (Chen *et al.* 2011). Soil management strategies identified can be potentially useful for decrease soil CO<sub>2</sub> emission, in order to guarantee soil CO<sub>2</sub> fixation in livestock systems at tropical zones.

## CONCLUSIONS

The implementation of soil management factors as to introduce kudzu on pasture of *B. decumbens* (B2), the fertilization of pastures with Urea and Triple superphosphate, and liming practice applying 2.2 and 3.3 tons CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>, exhibited major effect on higher soil C stocks rates and soil CO<sub>2</sub> mitigation. Both pasture types with higher lime doses responded better to increases in soil C and mitigation of CO<sub>2</sub>-eq emission that with L0 and L1. The fertilization of B1 with Urea and of B2 with Triple superphosphate stored more soil C which minimize soil CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. According to cluster analysis, over all factors included in the current simulation the major influential factor on mitigation of soil CO<sub>2</sub> emissions is B2 with higher lime doses, indistinctly of N, P, K fertilizer sources grouped in cluster 1.

## Acknowledgements

The authors thank to Soil Laboratory of the Universidad de los Llanos for logistic support, to Group Research Sistemas Agroforestales

Pecuarios of the Universidad del Tolima, Group Research Innovación en Sistemas Agrícolas y Forestales, and Group Research Territorio y Ambiente of the Universidad de los Llanos for their field work assistance.

## Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

## REFERENCES

- Anderson-Teixeira KJ, Wang MMH, McGarvey JC, LeBauer DS. 2016. Carbon dynamics of mature and regrowth tropical forests derived from a pantropical database (TropForC-db). *Global Change Biol.* 22(5): 1690-709. Doi: [10.1111/gcb.13226](https://doi.org/10.1111/gcb.13226).
- Alexander P, Paustian K, Smith P, Moran D. 2015. The economics of soil C sequestration and agricultural emissions abatement. *Soil.* 1: 331-339. Doi: <https://doi.org/10.5194/soil-1-331-2015>.
- Bennett JMCL, Greene RSB, Murphy BW, Hocking P, Tongway D. 2014. Influence of lime and gypsum on long-term rehabilitation of a Red Sodosol, in a semi-arid environment of New South Wales. *Soil Res.* 52: 120-128. Doi: [10.1071/SR13118](https://doi.org/10.1071/SR13118)
- Castro H, Gómez M. 2010. Fertilidad de suelos y Fertilizantes. En: Ciencia del suelo. Mojica y Burbano, editors. Principios Básicos. Bogotá (CO): Ed. Guadalupe S.A. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.. p. 217-303.
- Chambers A, Lal R, Paustian K. 2016. Soil carbon sequestration potential of US croplands and grasslands: Implementing the 4 per Thousand Initiative. *J Soil Water Conserv.* 71(3): 68A-74A. Doi: [10.2489/jswc.71.3.68A](https://doi.org/10.2489/jswc.71.3.68A)
- Chen Q, Hooper DU, Lin S. 2011. Shifts in species composition constrain restoration of overgrazed grassland using nitrogen fertilization in Inner Mongolian steppe, China. *PloS One* 6: e16909.
- Conant RT, Paustian K, Elliott ET. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecol Appl.* 11: 343-355.
- Corrêa AL, Abboud ACS, Guerra JGM, Aguiar LA de, Ribeiro RLD. 2014. Green manuring with

- Crotalaria* consortium to babycorn predated the cabbage leaf under organic management. *Rev Ceres*. 61(6): 956-963. Doi: 10.1590/0034-737X201461060010
- Fisher MJ, Braz SP, Dos Santos RSM, Urquiaga Alves BJR, Boddey RM. 2007. Another dimension to grazing systems: Soil Carbon. *Trop. Grassl.* 41: 65-83.
- Freschet GT, Cornwell WK, Wardle DA, Elumeeva TG, Liu W, Jackson BG, Onipchenko VG, Soudzilovskaia NA, Tao JP, Cornelissen JHC. 2013. Linking litter decomposition of above and belowground organs to plant-soil feedbacks worldwide. *J Ecol* 101: 943-952. Doi: [10.1111/1365-2745.12092](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12092)
- Gibbons JM, Williamson JC, Williams AP, Withers PJA, Hockley N, Harris IM, Hughes JW, Taylor RL, Jones DL, Healey JR. 2014. Sustainable nutrient management at field, farm and regional level: soil testing, nutrient budgets and the trade-off between lime application and greenhouse gas emissions. *Agr Ecosyst Environ*. 188: 48-56. Doi: [10.1016/j.agee.2014.02.016](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.016)
- Goulding KWT. 2016. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use Manage.* 32(3): 390-399. Doi: [10.1111/sum.12270](https://doi.org/10.1111/sum.12270).
- Guan XK, Turner NC, Song L, Gu YJ, Wang TC, Li FM. 2016. Soil carbon sequestration by three perennial legume pastures is greater in deeper soil layers than in the surface soil. *Biogeosci.* 13: 527-534. Doi: [10.5194/bg-13-527-2016](https://doi.org/10.5194/bg-13-527-2016).
- [ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2020. Censo pecuario año 2020 [Internet]. Bogotá (CO): ICA; [citado 2020 ene 10]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- [IGAC] Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2016. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. sexta edición. Bogotá (CO): IGAC / Imprenta Nacional de Colombia. 648p.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Eggleston HS, Buendia HS, Miwa I, Ngara K, Tanabe K. (Ed.). *Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Hayama: National Greenhouse Gas Inventories Programme. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 595p.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Fifth Assessment Report: Synthesis Report. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lal R. 2014. Societal value of soil carbon. *J Soil Water Conserv.* 69(6): 186A-192A.
- Lal R. 2015. Cover cropping and the “4 per thousand proposal”. *J Soil Water Conserv.* 70(6): 141A. Doi: [10.2489/jswc.70.6.141A](https://doi.org/10.2489/jswc.70.6.141A).
- Moreta DE, Arango J, Sotelo M, Vergara D, Rincón A, Ishitani M, et al. 2014. Biological nitrification inhibition (BNI) in *Brachiaria* pastures: A novel strategy to improve eco-efficiency of crop-livestock systems and to mitigate climate change. *Trop Grassl.* 2(1): 88-91. Doi: [10.17138/tgft\(2\)88-91](https://doi.org/10.17138/tgft(2)88-91).
- Mosquera O, Buurman P, Ramírez B, Amezcuita MC. 2012. Carbon stocks and dynamics under improved tropical pasture and silvopastoral systems in Colombian Amazonia. *Geoderma*. 189-190: 81-86. Doi: [10.1016/j.geoderma.2012.04.022](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.04.022)
- Naranjo JF, Cuartas CA, Murgueitio E, Chará J, Barahona R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Res Rural Dev.* 24(8). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>
- Olsen KR. 2013. Soil organic carbon sequestration, storage, retention and loss in US Croplands: Issues paper for protocol development. *Geoderma*. 195/196: 201-206.
- Paradelo R, Virto I, Chenu C. 2015. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: a review. *Agr Ecosyst Environ.* 202: 98-107. Doi: [10.1016/j.agee.2015.01.005](https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.005)
- Parra AS, Mora-Delgado J. 2017. Emission factors estimated from enteric methane of dairy cattle in Andean zone using the IPCC Tier-2 methodology. *Agrof Systems.* 1-9, 2017. Doi: [10.1007/s10457-017-0177-3](https://doi.org/10.1007/s10457-017-0177-3)
- Parra AS, de Figueiredo EB, de Bordonal RO, et al. 2019. Greenhouse gas emissions in conversion from extensive pasture to other agricultural systems in the Andean region of Colombia.

- Environ Dev Sustain. 21: 249, 2019. [Doi: 10.1007/s10668-017-0034-6](https://doi.org/10.1007/s10668-017-0034-6)
- Poeplau C, Don A. 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*. 192: 189-201. [Doi: 10.1016/j.geoderma.2012.08.003](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.003)
- Raji BA, Ogunwole JO. 2006. Potential of soil carbon sequestration under various landuse in the sub-humid and semi-arid savanna of Nigeria: Lessons from long-term experiments, *Int. J. Soil Sci*. 1: 33-43. [Doi: 10.3923/ijss.2006.33.43](https://doi.org/10.3923/ijss.2006.33.43).
- Richardson AE, Lynch JP, Ryan PR, Delhaize E, Smith FA, Smith SE, Harvey PR, Ryan MH. 2011. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agricultura. *Plant Soil*. 349: 121-156. [Doi: 10.1007/s11104-011-0950-4](https://doi.org/10.1007/s11104-011-0950-4)
- Rigueiro-Rodríguez A, López-Díaz ML, Mosquera-Losada MR. 2011. Organic Matter and Chromium Evolution in Herbage and Soil in a *Pinus radiata* Silvopastoral System in Northwest Spain after Sewage Sludge and Lime. *Application Commun Soil Sci Plant Anal*. 42: 1551-1564.
- Sainju UM, Senwo ZN, Nyakatawa EZ, Tazisong IA, Reddy KC. 2008. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources. *Agr Ecosyst Environ*. 127: 234-240.
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to soil taxonomy. 10th ed. Washington DC, USA: USDA National Soil Conservation Service. 331-332p.
- Sperow M. 2016. Estimating carbon sequestration potential on US agricultural topsoils. *Soil Till Res*. 155: 390-400.
- Silva A, Garay S, Gómez AS. 2018. *Alnus acuminata* Kunth impact on N<sub>2</sub>O fluxes and quality of *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. *Grass. Colomb. For*. 21(1): 47-57. [Doi: 10.14483/2256201X.11629](https://doi.org/10.14483/2256201X.11629)
- Silva A, Orozco D. 2018. Evaluation of C losses and gains rates associated to CO<sub>2</sub> emissions and absorptions in Ariari productive systems. *Bistua*. 16(1): 124-128, 2018.
- Swan A, Williams SA, Brown K, Chambers A, Creque J, Wick J, Paustian K. 2015. COMET-Planner. Carbon and greenhouse gas evaluation for NRCS conservation practice planning. A companion report to [www.comet-planner.com](http://www.comet-planner.com). [http://comet-planner.nrel.colostate.edu/COMET-Planner\\_Report\\_Final.pdf](http://comet-planner.nrel.colostate.edu/COMET-Planner_Report_Final.pdf).
- Thornton P, Herrero M. 2010. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107: 19667-19672. [doi: 10.1073/pnas.0912890107](https://doi.org/10.1073/pnas.0912890107)
- Tiemann TT, Franco LH, Peters M, Frossard E, Kreuzer M, Lascano CE, Hess HD. 2009. Effect of season, soil type and fertilizer on the biomass production and chemical composition of five tropical shrub legumes with forage potential. *Grass Forage Sci*. 64: 255-265.

### Article citation

Silva-Parra A, Mora-Delgado J, Barrera-Rojas LM. 2020. Predicting soil CO<sub>2</sub> emissions and sinks due to soil management factors of *Brachiaria decumbens* pastures using Tier 2 IPCC Methodology. [Predicción de emisiones y sumideros de CO<sub>2</sub> del suelo debido a factores de manejo del suelo de *Brachiaria decumbens* usando Tier 2 metodología IPCC]. *Rev Med Vet Zoot*. 67(1): 72-87. [Doi: 10.15446/rfmvz.v67n1.87689](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87689).

## 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/remvez/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\\_fmzbog@unal.edu.co](mailto:rev_fmzbog@unal.edu.co) o [revistafmvzun@gmail.com](mailto: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](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 negrilla 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 de una sola tinta con porcentajes de negro para las variaciones de las columnas, las líneas de las curvas deben ser de color negro, punteadas o continuas usando las siguientes convenciones: ▲, ■, ●, ◆, ◇, ○, □, △.
- En caso de fotografías o mapas (originales o escaneados) estos deben enviarse en archivos independientes, en formato tiff o jpg con un mínimo de 600 dpi de resolución y adicionalmente dentro de un archivo MS-Word® en el que se incluya su título (corto y explicativo) en la parte inferior.

- Al igual que las tablas, deben enumerarse con números arábigos en forma consecutiva, y debe hacerse referencia en el texto a cada una de las figuras presentadas.

### Nomenclatura

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

### 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 Pergolesi (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 cumplan con las normas de estilo bibliográfico serán devueltas sin ser consideradas para evaluación.

Para obtener más ejemplos sobre el sistema de citación del Council of Science Editors (CSE) recomendamos remitirse al siguiente enlace: <http://www.scientificstyleandformat.org/Tools/SSF-Citation-Quick-Guide.html>

#### • Libros

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

#### • Capítulos de libro

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

#### • E-Book

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

#### • Artículo de revista

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathol.* 39:405-409. Doi: [10.1080/03709457.2010.510500](https://doi.org/10.1080/03709457.2010.510500).

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/ISLabbr/>

• **Artículo de revista publicada únicamente en forma electrónica**

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

**Otras fuentes de información**

• **Memorias de eventos**

Cheeke PR. 2010. Agricultural and pharmaceutical applications of Chilean soapbark tree (*Quillaja saponaria*) saponins. In: 8<sup>th</sup> 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 x 10 <sup>-6</sup> )
mm	milímetro	ppb	partes por billón (1 x 10 <sup>-9</sup> )
μm	micrómetro	cpm	cuentas por minuto
nm	nanómetro	dpm	desintegraciones por minuto
kg	kilogramo	s	segundos
g	gramo	min	minutos
mg	miligramo	h	hora
μg	microgramo	SC	subcutáneo
ng	nanogramo	Im.	intramuscular
l	litro	IP	intra peritoneal
ml	mililitro	iv.	intravenoso
μl	microlitro		
m	mol		
M	molar		
mM	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 · 3 = 18; 2 · (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.

**Conflicto 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/remvez/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\\_fmzbog@unal.edu.co](mailto:rev_fmzbog@unal.edu.co) or [revistafmvzun@gmail.com](mailto: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](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 o 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) follow by the last name with no academic titles. Each author is separated of the next one by a comma. The corresponding author will be identified with an asterisk. Each author's affiliation shall be shown as a footer including address, city and country as well as the electronic address of the corresponding author.

#### 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/homepagee.htm> and <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?db=mesh>). These tools help select appropriate key words so that the article is more visible on the Internet.

#### Introduction

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

#### Materials and methods

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

#### 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: ▲, ■, ●, ◆, ◇, ○, □, △.
- 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 Pergolesi (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 Pharmacological Basis of Therapeutics. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.
- **Book chapter**  
Diaz GJ. 2001. Naturally occurring toxins relevant to poultry nutrition. In: Leeson S, Summers JD editores. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4th ed. Guelph: University Books. p. 544-591.
- **E-Book**  
Rollin, BE. 1998. The unheeded cry: animal consciousness, animal pain, and science [Internet]. Ames(LA): Iowa State University Press; [Citado 2008 agosto 9]. Disponible en: <http://www.netlibrary.com>.
- **Journal article**  
Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathology* 39:405-409. Doi: [10.1080/03079457.2010.510500](https://doi.org/10.1080/03079457.2010.510500). Please note that the initials of all author's given names must be included. For journal title abbreviations: <http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISlabbr/>
- **Journal article published only online**  
Leng F, Amado L, McMacken R. 2004. Coupling DNA supercoiling to transcription in defined protein systems. *J Biol Chem* [Internet]. [citado 2007 July 24]; 279(46):47564-47571. Disponible en: <http://www.jbc.org/cgi/reprint/279/46/47564>.

### Other

- **Congress/Symposium abstracts or chapters**  
Cheeche 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 <sup>-6</sup> )
mm	millimeter	ppb	parts per billion (1 x 10 <sup>-9</sup> )
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.	intra muscular
l	liter	IP	intra peritoneal
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\\_fmfvbzog@unal.edu.co](mailto:rev_fmfvbzog@unal.edu.co) o [revistafmvzun@gmail.com](mailto: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](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 arábicos, e enviar-se inseridas em arquivo MS-Word com os arquivos originais (por exemplo, jpg ou excel), conforme o programa em que foram elaboradas. Todas as tabelas e figuras devem ser referenciadas no texto.

#### 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). Em baixo 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 sua significação estatístico sempre que for possível), e as conclusões principais. Deverão destacar-se as observações e aspectos mais novos e relevantes do estudo.

As palavras-chave (máximo 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 multilíngue Agrovoc, criado pela FAO, o qual abrange terminologia da agricultura, silvicultura, pesca, meio-ambiente e temas afins (<http://aims.fao.org/website/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 subtítulos 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 subtítulos 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 repetirá 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: ▲, ■, ●, ◆, ◇, ○, □, △
- 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 *Commission 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 Pergolesi (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 Pharmacological Basis of Therapeutics*. 8th ed. New York: Pergamon Press. 1811 p.

#### • Capítulos de livro

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

#### • E-Book

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

#### • Artigo de revista

Hepworth PJ, Nefedov AV, Muchnik IB, Morgan KL. 2010. Early warning for hock burn in broiler flocks. *Avian Pathology* 39:405-409. Doi: [10.1080/03079457.2010.510500](https://doi.org/10.1080/03079457.2010.510500).

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

#### • 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  
mm milímetro  
µm micrômetro  
nm nanômetro  
kg quilograma  
g grama  
mg miligrama  
µg micrograma  
ng nanograma  
l litro  
ml mililitro  
µl microlitro  
m mol  
M molar  
mM milimolar  
µM micromolar  
N normal

ppm partes por milhão  
( $1 \times 10^{-6}$ )  
ppb partes por bilhão  
( $1 \times 10^{-9}$ )  
cpm contas por minuto  
dpm desintegrações  
por minutos  
s segundos  
min minutos  
h hora  
SC subcutâneo  
Im. intramuscular  
IP intraperitoneal  
iv. intravenoso

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

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

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

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

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

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







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

© Universidad Nacional de Colombia, 2020