

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

REVISTA FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA - FLORENCIA-CAQUETÁ



Volumen 11 Número 1 Enero-Junio 2019

Contacto: rcagropecuarias@uniamazonia.edu.co
Página web OJS: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php>

Esta publicación es apoyada por la:
Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de la Amazonia

REVISTA FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTACIÓN

La Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC), es una publicación semestral, abierta a la difusión y discusión de trabajos en el área de Medicina Veterinaria, Zootecnia, Ecología, Zoología y afines.

OBJETIVO DE LA REVISTA

La Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC), tiene como objetivo divulgar los avances de conocimiento técnico y científico generados en las universidades, centros y entidades de investigación en áreas de conocimiento relacionadas con los sistemas de producción agropecuarios y conservación natural; mediante la publicación semestral de un volumen digital en español, portugués e inglés. La publicación está dirigida a estudiantes, profesionales y entidades públicas y privadas de la medicina veterinaria, zootecnia, biología, salud pública, epidemiología, agronomía y agroecología; ofreciendo un espacio de discusión académico fundamental para la formación de profesionales críticos y analíticos.

ÁREAS TEMÁTICAS

Ciencias agropecuarias
Ciencias Naturales y de la conservación

Nota: La responsabilidad de las ideas de los artículos corresponde a sus autores.

Prohibida la reproducción total o parcial de los artículos publicados con fines comerciales.
Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.

EQUIPO DE APOYO EDITORIAL

Beatriz Elena Patiño Quiroz, Mg.
Universidad de la Amazonia
Hernan Eduardo Ocañan Martínez, Mg.
Universidad de la Amazonia
Alba Cristina Espinosa, Mg
Universidad de la Amazonia
Andrés Felipe Valencia Hernandez, Mg
Universidad de la Amazonia

Edición, diseño y diagramación
Yeison Julián Penagos, Biólogo.

Portada
Serpiente (Leptodeira annulata)
Fotografía por: Katherine Muñoz Ortega, estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia en el departamento del Caquetá

EDITOR GENERAL

JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA, Ph.D.
Universidad de Nariño

COMITÉ EDITORIAL

Francisco Alejandro Sánchez, Ph.D.
Universidad de los Llanos

Hugo Mantilla-Meluk, Ph.D.
Universidad del Quindío

Juan Fernando Naranjo, Ph.D.
Universidad CES

Naudin Alejandro Hurtado Lugo, Ph.D
Universidad Francisco de Paula Santander Sede Ocaña

Santiago Henao Villegas, Ph.D.
Universidad CES

COMITÉ DE ARBITRAJE

Juan Carlos Pinilla León, Ph.D.
Universidad de Santander sede Bucaramanga

Luis Gabriel Gonzalez, Ph.D.
Universidad Nacional sede Medellín

Jhon Jairo Bustamante Cano, Ph.D.
Universidad de Pamplona

Angel Alberto Florez Muñoz, Mg.
Universidad de Santander sede Bucaramanga

Jair Perez Osorio, Ph.D.
Universidad de la Salle

Luis Gabriel Rivera Calderon, Ph.D.
Universidad Antonio Nariño

Fernando Favian Castro Castro, Ph.D.
Universidad Antonio Nariño Sede Popayán

Jhon Freddy Sarmiento Vela, Ph.D.
Universidad Pedagógica Nacional

Diana Katterine Bonilla Aldana, Mg.
Universidad Tecnológica de Pereira

Yury Tatiana Granja-Salcedo, Ph.D.
Universidad Estadual Paulista

Gloria Elena Estrada, Ph.D.
Universidad de la Amazonia

Alexander Velásquez Valencia, Ph.D.
Universidad de la Amazonia

Juan Pablo Parra, Ph.D.
Secretaria Departamental de Educación del Caquetá

Jaime Enrique Velasquez Restrepo, Ph.D.
Universidad de la Amazonia

CONTENIDO

Volumen 11 Número 1
Enero-Junio 2019

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

REVISTA FAGROPEC
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Nota del editor

Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.

6

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

ASOCIACIÓN CLÍNICA ENTRE EL EDEMA UTERINO Y LA ENDOMETRITIS BACTERIANA EN YEGUAS CRIOLLAS COLOMBIANAS

7

Renso Sneider Gallego Rodríguez; Andrés Felipe Ruíz Jaramillo¹ Jhon Didier Ruíz Buitrago, Oscar Andrés Sáenz Ruíz

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE BIENESTAR ANIMAL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

14

Johann Fernando Hoyos Patiño, Daniel Antonio Hernández Villamizar, Jhoneisson Pallares Rincón y Blanca Liliana Velásquez Carrascal

IDENTIFICACIÓN DE LA RAZA CRIOLLO CAQUETEÑO MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FANERÓPTICAS

23

Patiño Quiroz Beatriz Elena, Velásquez Restrepo Jaime Enrique², Ocaña Martínez Hernán Eduardo, Baldrich Romero Nicolás E.

IDENTIFICACIÓN DE MAMÍFEROS, AVES, PECES Y REPTILES COMO ESTRATEGIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS COMPETENCIAS DEL ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

33

Juan Pablo Parra - Herrera y Oscar Andrés Escudero - Sánchez

ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

USO VETERINARIO DE LA ERITROPOYETINA: ENTRE LA TERAPIA Y EL DOPING.

43

Maureth Liney Peña Gonzalez, Martín Orlando Pulido Medellín y Shirley Gigiola Cruz Rubio

CONSECUENCIAS DE LA DEGRADACIÓN DE PASTURAS SOBRE LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO

54

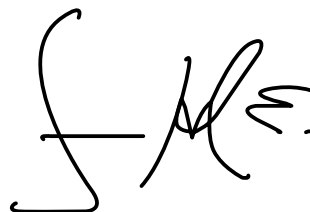
Julio César Blanco Rodríguez^{1}, Maria Antonia Montilla Rodríguez² Carmen Silvia Roncedo³*

NOTA DEL EDITOR

Como editor, deseo expresar que el éxito de FAGROPEC, se basa en la calidad de los artículos escritos por los autores, con altas exigencias académicas, técnicas y políticas, debido a la revisión de los mismos por expertos calificados en las áreas del conocimiento agrario, y por ello, agradecemos a los árbitros, por ser profesionales de alta cualificación, al generar una crítica constructiva para los logros en la presente edición.

En este sentido, se va consolidando la Revista de Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC, como órgano divulgativo de gran calidad, donde ha despertado el interés de diferentes investigadores a nivel nacional e internacional para compartir sus trabajos a través de ella y es así como en esta edición cuenta con contribuciones llegadas desde diversas universidades del país, como Universidad Francisco Paula Santander, universidad de Nariño, Universidad de Córdoba, Universidad Remington y Universidad pedagógica y Tecnológica de Tunja, con temas fundamentales en adiestramiento de los equinos, caracterización de sistemas productivos en el Pacífico; y problemas de manejo y salud en equinos, de alta importancia para la Amazonía, por ser sistemas de producción relevantes en la región respectivamente.

Por lo tanto, para todo el equipo editorial, es primordial presentar esta edición, Volumen 11 No.1 de enero a junio de 2019, de la Revista FAGROPEC, con la diversidad de temas de alto impacto para la comunidad científica, asistentes técnicos, productores y gobierno regional, donde se fortalecerá el conocimiento para lograr estrategias de toma de decisiones en el manejo animal equino y canino y en herramientas para el conocimiento de la región y los temas mencionados anteriormente, los cuales para el departamento del Caquetá consolidarán procesos de investigación e interacción social, que aportarán a la planificación integral en la región Amazónica.



Ph.D. JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA
Editor General

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Volumen 11 Número 1
Enero-Junio 2019

ASOCIACIÓN CLÍNICA ENTRE EL EDEMA UTERINO Y LA ENDOMETRITIS BACTERIANA EN YEGUAS CRIOLLAS COLOMBIANAS

Clinical association between uterine edema and bacterial endometritis in Colombian Creole mares

Artículo de Investigación

Renso Sneider Gallego Rodríguez^{1*}, MVZ, Esp, MSc; Andrés Felipe Ruíz Jaramillo¹, MV, MSc; Jhon Didier Ruíz Buitrago², MV, MSc, PhD, Oscar Andrés Sáenz Ruíz, Ing, MSc²



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

¹Práctica Privada y académica en Medicina Interna y Reproducción en Equinos.

²Grupo de Investigación en Ciencias Animales (INCA – CES), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES, Medellín, Colombia

RESUMEN

La endometritis bacteriana en las yeguas, es uno de los principales problemas en la reproducción equina. A causa de diagnósticos inadecuados, los tratamientos antibióticos generalmente fracasan aumentando los casos de infertilidad en las hembras. El presente estudio se realizó con 89 yeguas con signos clínicos y reproductivos de endometritis. Diagnosticadas mediante el examen clínico reproductivo, ecografía y cultivo bacteriano (realizado mediante la técnica de hisopado). A cada yegua se le realizó ecografía transrectal lineal (Ecógrafo esaote mylab 30, sonda lineal 7,5 MHz) en la cual se evaluó cuerpo del útero, cuerno derecho, cuerno izquierdo y los ovarios; las yeguas con signos clínicos compatibles con endometritis, fueron evaluadas mediante la técnica de hisopado, se realizó la toma de muestra en varios puntos diferentes del endometrio abarcando cuerpo y cuernos del útero; los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva para cada una de las variables; para las variables cualitativas se realizó pruebas de independencia de Chi Cuadrado (χ^2). En los resultados se encontró un mayor aislamiento bacteriano en yeguas que presentaron edema grado 3, siendo *E. coli* la más frecuente ya que se aisló en 35 de las 89 yeguas.

Palabras claves:

Ecografía; Edema uterino; Reproducción; Yegua.

ABSTRACT

Bacterial endometritis in mares is one of the main problems in equine reproduction. Generally, the antibiotic treatments fail due to the inadequate diagnostics, which increase the cases of infertility in females. The present study was carried out with 89 mares with clinical and reproductive signs of endometritis that was diagnosed through clinical reproductive examination, ultrasound and bacterial culture (performed using the swab technique). Each mare was subjected to a linear transrectal ultrasound (Ecógrafo esaote mylab 30, linear probe 7.5 MHz) in which the body of the uterus, right horn, left horn and ovaries were evaluated; those mares with clinical signs compatible with endometritis, were evaluated using the swab technique. The sample was taken in several different points of the endometrium including the body and horns of the uterus; the results for each of the variables were analyzed by descriptive statistics; In case of the qualitative

Como citar:

GALLEGO RODRÍGUEZ, Renso Sneider, *et al.* Asociación clínica entre el edema uterino y la endometritis en yeguas criollas colombianas. En: Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio, 2019. Pp. 7-13 ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:
renso.gallego@uniremington.edu.co

variables, Chi square independence tests (χ^2) were performed. According to the results, a greater bacterial isolation was found in mares that presented the third grade edema, being *E. coli* the most frequent since it was isolated in 35 of the 89 mares.

Key words:

Ultrasound; Uterine edema; Reproduction; Mares

INTRODUCCIÓN

La endometritis bacteriana es considerada una de las causas más comunes de infertilidad en la yegua, por lo que adquiere importancia en el manejo reproductivo, ya que su prevalencia varía entre el 25 a 60% en yeguas infértiles (Causey, 2006). Generalmente los signos reproductivos aparecen en yeguas que no quedan gestantes post servicio, que presentan reabsorción embrionaria, pérdidas fetales tempranas, aborto, placentitis, o metritis post parto (LeBlanc y Causey, 2009). La infección endometrial es más comúnmente relacionada con bacterias aeróbicas tales como *E. coli*, *Proteus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., *Pseudomona aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*, entre otras (Riddle, LeBlanc y Stromberg, 2015). El *Streptococcus equi zooepidemicus* es la bacteria con mayor prevalencia en el útero de las yeguas (Causey, 2006).

Las infecciones uterinas causadas por *Staphylococcus* sp., han sido ampliamente estudiadas, sin embargo, son pocos los datos que se tienen sobre la respuesta endometrial a la presencia de *E. coli* (Eaton, Raz, Chirino-Trejo y Bergermann 2010). Un estudio realizado por Burleson en el 2010, encontró que la infección endometrial producida por *E. coli* presenta una menor reacción inflamatoria, y a su vez, un menor edema uterino en comparación con las infecciones causadas por *Staphylococcus* sp. (Burleson, LeBlanc y Riddle, 2010).

El diagnóstico de la endometritis se realiza mediante varios métodos tales como, el examen clínico, la palpación transrectal, vaginoscopia, ecografía, citología, cultivo del contenido del útero y biopsia del endometrio (Overbeck, Witte y Heuwieser, 2011). La yegua bajo influencia estrogénica presenta un aumento en los valores del edema del tracto reproductivo (Troedsson y Woodward, 2016). La ultrasonografía uterina en las yeguas tiene alto valor diagnóstico (Wever, Pierson y Card, 2002), ya que la acumulación del edema durante el período de ovulación se asocia constantemente con disminuciones de las tasas de gestación (Neelis y Roberts, 2012). La presencia de dos o más centímetros de líquido intrauterino durante el celo indica susceptibilidad a inflamación – infección uterina (LeBlanc, 2010). En un estudio realizado por et al, (2010), se encontró que el edema uterino evaluado mediante ecografía se asocia directamente con una mayor concentración de células polimorfonucleares en el lumen uterino (Burleson, LeBlanc y Riddle, 2010).

El objetivo del presente estudio fue determinar la asociación clínica entre la presentación del edema uterino y el asilamiento bacteriano por medio del cultivo en yeguas criollas colombianas con endometritis.

METODOLOGÍA

Consideraciones éticas: El presente estudio fue aprobado por el Comité Institucional para el

Cuidado y el Uso de Animales (CICUA) (Universidad CES Medellín, Colombia). Número 14 – 13.

Animales: El estudio fue realizado en diferentes pesebreras equinas del Valle de Aburrá en Antioquia, Colombia. Se tuvo en cuenta yeguas criollas colombianas, con edad entre 4 a 12 años, con condición corporal entre 2,5 – 4 (escala 1 – 5), que hubieran presentado repetición de celo e historial de subfertilidad. Las muestras fueron obtenidas de 89 yeguas con signos clínicos y reproductivos de endometritis bacteriana.

Clasificación de la endometritis: Para el presente estudio se consideró como endometritis clínica, el proceso de infección uterina con signos evidentes de descarga vaginal y acúmulo de exudado en la comisura ventral de la vulva. La endometritis subclínica se consideró como el proceso de infección uterina sin signos visibles, pero con historial de infertilidad y con posterior diagnóstico a través de las pruebas utilizadas. La endometritis se clasificó teniendo en cuenta el grado de edema uterino, siendo positivas las yeguas con edema mayor a grado 5 (según lo establecido por Kenney y Doig, 1986 y con aislamiento bacteriano en el cultivo.

Ecografía: Se realizó palpación transrectal y ecografía transrectal (Ecógrafo *esaote mylab 30*, sonda lineal 7.5 MHz) a cada una de las yeguas. Los criterios de evaluación para la ecografía fueron los propuestos por Samper y Pycock, 2007, la clasificación del edema uterino se realizó en una escala de 0 a 5: donde la clasificación grado 0 o sin contenido (no hay edema, ecotextura homogénea), edema grado 1 (cantidad mínima de edema), grado 2 (cantidad moderada de edema presente en el cuerpo del útero), grado 3 (edema presente en todo el útero), grado 4 (cantidad máxima de edema considerado normal, presente en todo el útero con líquido libre detectable en el lumen), grado 5 (edema uterino considerado patológico, se caracteriza por ecotextura irregular con gran cantidad de líquido libre en el lumen uterino). La evaluación ecográfica del edema endometrial se realizó en cuerpo, cuerno izquierdo y cuerno derecho del útero. El estro en las yeguas fue confirmado mediante el grado de edema en la ecografía y la presencia de un folículo dominante en uno de los ovarios.

Cultivo: Se utilizó un hisopo estéril especial para la especie equina protegido con una funda para evitar su contaminación en su paso por la vagina y el cérvix. Las muestras se obtuvieron de la porción dorsal y ventral de las paredes del cuerpo y cuernos del útero, se envió en un medio de transporte Stuart en refrigeración con el fin de asegurar su adecuada conservación.

Manejo de muestras: Las muestras obtenidas para el análisis microbiológico, fueron enviadas al laboratorio de diagnóstico veterinario del Centro de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad CES en Medellín, Colombia. Para el cultivo se sembraron en agar MacConkey a una temperatura de 37°C, el tiempo de espera de crecimiento bacteriano fue de 72 horas; para la clasificación de las colonias se utilizaron rutas bioquímicas (Tsi, lisina, urea, citrato, sim).

Análisis Estadístico: Luego de organizar y depurar la base de datos en Microsoft Excel versión 2010, Se utilizó el programa Statgraphics versión 16.1 para el análisis de los datos. Se realizó la estadística descriptiva para cada una de las variables tenidas en cuenta en el estudio y las pruebas de curtosis y coeficiente de asimetría con el fin de establecer la normalidad o no de los datos). Para las variables cualitativas (edema uterino y cultivo bacteriano) se realizaron pruebas de independencia de Chi Cuadrado (χ^2). Valores de $p < 0.05$ indicaron diferencia estadística significativa.

RESULTADOS

De la cantidad total de yeguas presentes en el estudio (n=89), se encontró una mayor asociación entre el edema grado 3 y los aislamientos bacterianos, ya que en esta categorización se aislaron 27 bacterianos siendo predominante *Escherichia coli* con 9 aislamientos. En el edema grado 5 se aislaron 25 bacterias, encontrándose con mayor frecuencia *E. coli*

con 9 aislamientos. Para el edema grado 4 se encontraron 21 aislamientos en los cuales la bacteria más común fue *E. coli* con 9 aislamientos; en menor número el edema grado 2 presentó 18 aislamientos en el cual *E. coli* tuvo 5 aislamientos y en el edema grado 1 se presentaron 10 aislamientos siendo *E. coli* con 3 aislamientos la bacteria más común (tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia del edema uterino asociado a las bacterias aisladas mediante el cultivo por hisopo.

	Categoría Edema						Total
	Sin Edema	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5	
No. de Animales	1	7	15	23	19	24	89
<i>Escherichia coli</i>	0	3	5	9	9	9	35
<i>Klebsiella</i>	0	0	1	5	2	0	8
<i>Pseudomonas</i>	1	0	4	2	0	3	10
<i>Streptococo beta-hemolítico</i>	0	1	1	3	1	1	7
<i>Streptococo alfa-hemolítico</i>	0	1	0	1	1	1	4
<i>Staphylococcus spp.</i>	0	3	4	3	5	4	19
<i>Enterobacter</i>	0	2	3	2	2	6	15
<i>Proteus</i>	0	0	0	1	0	1	2
Total	1	10	16	27	21	25	100

Fueron analizados los valores de la categorización del edema para cada yegua a nivel del cuerpo uterino y ambos cuernos, con relación al aislamiento bacteriano. Se determinó que hubo diferencia estadística significativa ($P=0.0105$) en la presentación del edema del cuerpo uterino con relación a la presentación de *Pseudomonas spp*; a su vez se encontró diferencia estadística significativa ($P=0.0074$) entre el edema del cuerno derecho con el aislamiento de *E. coli*, presentándose dependencia estadística en el edema grado 4.

DISCUSIÓN

La bacteria aislada con mayor frecuencia fue *E. coli*, pero además se aislaron bacterias de los géneros *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Klebsiella* y *Pseudomonas*, lo cual concuerda con Pacheco (2011), quien encontró *E. coli* en el 54,5% de las muestras evaluadas. Así mismo, Do-Yeon *et al.* (2012) reportaron a *E. coli*, seguido de *Streptococcus zooepidemicus* como los agentes bacterianos más relacionados con los signos de infertilidad en yeguas.

Las infecciones uterinas relacionadas con *E. coli* y *Streptococcus beta-hemolítico* generalmente se deben a fallas en el mecanismo de defensa uterino (Cocchia *et al.*, 2012). Overbeck *et al.* (2011), por otro lado, señalan al *Streptococcus beta-hemolítico* como la bacteria más común en cultivos

endometriales (Overbeck. *et al.* 2011) bacteria que además, causa una reacción leucocitaria moderada mediada principalmente por polimorfonucleares, y un alto contenido de edema uterino. Lo anterior se puede relacionar a lo encontrado en el presente estudio ya que la bacteria con mayor aislamiento fue *E. coli* estando directamente relacionada con la presentación de grados altos de edema en las yeguas.

La acumulación de fluido intrauterino es muy frecuente en yeguas susceptibles a endometritis (Walter *et al.*, 2012). El incremento del edema se asocia generalmente con el estro; en tanto que Ibrahim *et al.* (2015) indican que la persistencia de fluido durante el diestro es indicativa de inflamación y que el edema se asocia directamente con subfertilidad y pérdidas tempranas de preñez, entre otros. En el presente estudio se realizó seguimiento ecográfico con el fin de determinar el estro; además, al relacionar el edema uterino con positividad a crecimiento bacteriano al cultivo se encontró que el 38% de las yeguas tuvieron edema patológico durante el diestro. Por otro lado, Davies Morel *et al.* (2013) asocian la presentación de edema uterino severo (grados 4 - 5) con el aislamiento de bacterias como *E. coli*, la cual genera una respuesta inflamatoria agresiva a nivel endometrial. En el presente estudio, hubo diferencia estadística significativa ($p=0.0074$), en el aislamiento de *E. coli* en yeguas diagnosticadas con endometritis las cuales presentaban un edema uterino categorizado en grado 4 – 5.

Ferris *et al.* (2017) describen que bacterias como *Pseudomonas* spp. no tienen mayor influencia en la severidad del edema endometrial en yeguas. A su vez Haitham *et al.* (2016) afirman que bacterias como *E. coli*, *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae* producen mayor reacción inflamatoria intrauterina generando un acúmulo severo de fluido uterino. Los resultados del presente estudio muestran diferencia significativa ($p=0.0105$) entre la presentación de *Pseudomonas* spp. y el edema del cuerpo uterino, lo cual podría relacionarse con yeguas de conformación perineal predisponente debido a la contaminación de materia fecal o con infecciones de origen iatrogénico.

Se indica que yeguas con presencia de *Streptococcus* spp. no suelen presentar edema uterino patológico durante el ciclo estral, debido posiblemente a que solo provocan una reacción leucocitaria leve (Rasmussen *et al.*, 2014). Lo anterior coincide con los hallazgos encontrados en el presente estudio ya que se podría explicar la dependencia estadística entre las yeguas sin contenido uterino (grado 0) y el aislamiento de *Streptococcus beta-hemolítico*.

CONCLUSIONES

En el presente estudio la bacteria que mayor frecuencia de aislamiento presentó fue *E. coli*, así mismo, se relacionó directamente con la presentación de edema grado 3, grado 4 y grado 5 en las yeguas diagnosticadas con endometritis. *Staphylococcus* spp., representó el segundo mayor aislamiento durante el estudio pero no se relacionó con la presentación de algún edema uterino específico.

LITERATURA CITADA

BURLESON, M.D., LEBLANC, M.M., RIDDLE, W.T., & HENDRICKS, K.E. Endometrial microbial isolates are associated with different ultrasonographic and endometrial cytology findings in Thoroughbred

mares. En: Theriogenology, 2010. vol.56. Pp. 317.

CAUSEY, R.C. Making sense of equine uterine infections: the many faces of physical clearance. En: [Vet J.](#) 2006 Nov;172(3):405-21. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/NyEnHFR>

[COCCHIA, N.](#), [PACIELLO, O.](#), [AULETTA, L.](#), [UCCELLO, V.](#), [SILVESTRO, L.](#), [MALLARDO, K.](#), [PARAGGIO, G.](#), & PASOLINI, M. Comparison of the cytobrush, cottonswab, and low-volume uterine flush techniques to evaluate endometrial cytology for diagnosing endometritis in chronically infertile mares. En: Theriogenology, 2011. vol. 77, nro 1. Pp. 89-98.

DAVIES, M. C., LAWLOR, O., & NASH, D.M. Equine endometrial cytology and bacteriology: effectiveness for predicting live foaling rates. En: [Vet J.](#), 2013. vol. 198, nro1. Pp. 206-211. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/uyEmEgo>

DO-YEON, Kwon., SEONG-KYOON, Choi., & GIL-JAE, Cho. Effect of uterine bacteriology and cytology on fertility in thoroughbred mares. En: [Agricultural J.](#), 2012. vol.7, Nro. 4. Pp. 245-249.

EATON, S., RAZ, T., CHIRINO-TREJO, M., BERGERMANN, J., & CARD, C. Comparison of endometrial inflammation following intrauterine inoculation with genital strains of *Streptococcus equi* subsp *zooepidemicus* or *Escherichia coli* in the mare. En: [Animal Reproduction Science](#), 2010. vol.121S, nro.1-2. Pp.101-102. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/SyEn3V4>

FERRIS, R.A., MCCUE, P.M., BORLEE, G.I., GLAPA, K.E., MARTIN, K.H., MANGALEA, M.R, HENNET M.L. *et al.* Model of chronic equine endometritis involving a *Pseudomonas aeruginosa* biofilm. En: [Infect Immun](#), 2017. vol.85, nro.12. e00332-17.

HAITHAM, Barbary, ISMAIL, Abo-Ghonema, IMAN, El-Bawab y MOUSTAFA, Fadel. Diagnosis and treatment of bacterial endometritis in Arabian mares. En: [Alexandria J Vet Sci](#), 2016. vol. 49, nro. 2. Pp. 116-125.

IBRAHIM, Mohamed., KANDIEL, Mohamed., SOSA, Gamal., & ABOUEL-ROOS, Mahmoud. Ultrasonographic, cytological and bacteriological investigation of endometritis in Arabian Mares. En: [Global Veterinaria](#), 2015. vol. 15, nro. 3. Pp.296-303. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/IyEmbeb>

KENNEY, R., & DOIG, P. Equine endometrial biopsy. In: Morrow D (ed). *Current therapy in theriogenology*. 1986. 2ªed. USA: Lea y Febiger. Pp. 723-729.

LEBLANC, M.M. Advances in the diagnosis and treatment of chronic infectious and post-mating-induced endometritis in the mare. En: [Reprod Domest Anim](#), 2010. vol.45, Suppl 2. Pp. 21-27. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/DyEmsRp>

LEBLANC, M.M., & CAUSEY, R.C. Clinical and subclinical endometritis in the mare: both threats to fertility. En: [Reprod Domest Anim](#), 2009. vol.44, nro.3. Pp. 10-22. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/yyEnCak>

NEELIS, D.A., & ROBERTS, G.D. Advances in equine ultrasonography. En: [Vet Clin North Am Equine Pract.](#), 2012. vol. 28, nro.3. Pp. 497-506. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/fyEmpQJ>

OVERBECK, W., WITTE, T.S., & HEUWIESER, W. Comparison of three diagnostic methods to identify

subclinical endometritis in mares. En: *Theriogenology*, 2011. vol.75, nro.7. Pp. 1311-1318. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/oyEmwqC>

PACHECO, S. Identificación de bacterias aeróbicas patógenas en yeguas peruano de paso mediante hisopado uterino. *Spermova*, 2011. vol.1, nro.1. Pp. 116-118.

RASMUSSEN, C.D., PETERSEN, M.R., BOJESSEN, A.M., PEDERSEN, H.G., LEHN-JENSEN, H., & CHRISTOFFERSEN, M. Equine infectious endometritis-clinical and subclinical cases. En: *J Equine Vet Sci.*, 2015. vol.35, nro.2. Pp.95-104.

RIDDLE, W.T., LEBLANC, M.M., & STROMBERG, A.J. X Relationships between uterine culture, cytology and pregnancy rates in a thoroughbred practice. En: *Theriogenology*, 2015. vol.68, nro.3. Pp. 395-402. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/ryEnMuG>

SAMPER, J.C., PYCOCK, J.F., & MCKINNON, A.O. *Current therapy in equine reproduction*. Amsterdam: Elsevier. 2007. Pp. 512

TROEDSSON, M.H., & WOODWARD, E.M. Our current understanding of the pathophysiology of equine endometritis with an emphasis on breeding-induced endometritis. En: *Reprod Biol*, 2016. vol.16, nro.1. Pp. 8-12.

WALTER, J., NEUBERG, K.P., FAILING, K., & WEHREND, A. Cytological diagnosis of endometritis in the mare: investigations of sampling techniques and relation to bacteriological results. En: *Anim Reprod Sci.*, 2012. vol.132, nro.3-4. Pp.178-186.

WEVER, N.D, BRAGG, R.A., & PIERSON, C.E. Assessment of endometrial edema and echotexture in natural and hormonally manipulated estrus in mares. En: *Theriogenology*, 2002. vol.58, nro.2. Pp. 507-510.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE BIENESTAR ANIMAL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.

Determination of the degree of animal welfare in goat production systems in the municipality of Ocaña, North of Santander

Artículo de Investigación

Johann Fernando Hoyos Patiño^{1*}, Daniel Antonio Hernández Villamizar², Jhoneisson Pallares Rincón³ y Blanca Liliana Velásquez Carrascal⁴



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

¹Universidad Francisco de Paula Santander, GI@SD y GIPAB

²Universidad Francisco de Paula Santander, GI@SD y GIPAB

³Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

⁴Universidad Francisco de Paula Santander, GIPAB

Como citar:

HOYOS PATIÑO, Johann Fernando, *et al.* Determinación del grado de bienestar animal en sistemas de producción caprino del municipio de Ocaña, Norte de Santander. En: Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio, 2019. Pp. 14-22. ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:
jfhoyosp@ufpso.edu.co

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el bienestar animal en dos sistemas de producción caprinos en Ocaña Norte de Santander. El enfoque investigativo fue mixto; componente cualitativo recopilando datos por observación e interacción directa con los ejemplares, y el cuantitativo midió los cuatro principios del protocolo Welfare Quality® (buena alimentación, buen alojamiento, buena salud y comportamiento adecuado), 11 criterios y 33 indicadores para valorar el bienestar animal. El tipo de investigación aplicada fue descriptiva caracterizando el proceso de los apriscos. El análisis de resultados demostró que los dos sistemas de producción obtuvieron calificación de excelente, ya que el puntaje en todos los principios evaluados fue mayor al 55%, presentado una valoración general promedio de 93.47%. Discriminados de la siguiente forma 98,47% buena alimentación, 95,02% buen alojamiento, 90,20% buena sanidad y 90,18% en comportamiento apropiado, debido a los puntos a mejorar en los indicadores de los criterios evaluados.

Palabras claves:

Bienestar; Caprinos; Criterio; Indicador; Welfare Quality®.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate animal welfare in two goat production systems in Ocaña, North of Santander. The investigative approach was mixed; the aim of the qualitative component was to collect data by observation and direct interaction with the specimens. The quantitative component was to measure the four principles of the Welfare Quality® protocol (good feeding, good housing, good health and appropriate behavior), 11 criteria and 33 indicators to assess the animal welfare. The applied type of research was descriptive, characterizing the sheepfold process. The analysis of the results highlights the excellent qualification of both production systems, since the score in all the principles evaluated was greater than 55%, presenting an average general assessment of 93.47%. The results were distinguished in the following way: 98.47% good feeding, 95.02% good lodging, 90.20% good health and 90.18% in appropriate behavior, due to the points to be improved in the indicators of the

evaluated criteria.

Key words:

Welfare; Goats; Criteria; Indicator; Welfare Quality®.

INTRODUCCIÓN

El concepto de bienestar animal - BA, permite una amplia discusión debido a las diversas apreciaciones y enfoques bioéticos que lo enmarcan. Sanmartín (2015), expresa que el BA es el inicio del convencimiento que los animales son seres sintientes que llegan a experimentar dolor o estrés; causar sufrimiento no es moralmente aceptable. Debido a esto, las producciones también son afectadas, tanto en calidad como en el desempeño; brindar un buen BA implica el compromiso de asegurar una buena calidad de vida, durante todo el ciclo vital del animal, desde el nacimiento hasta la muerte o el sacrificio, y que este último sea también humanitario (Sanmartín et al, 2015; Bergaglio et al, 2017).

El protocolo Welfare Quality® usa las medidas o indicadores basadas en los propios animales, evaluadas en función del esfuerzo que hace este para superar las condiciones sociales y físicas presentadas por el entorno y a su vez como reflejo de su estado mental (Dalmau y Velarde, 2014).

En 2019, Welfare Quality®, detalló los 4 principios de BA para su medición: buena alimentación, buen alojamiento, buena salud y comportamiento apropiado. Dentro de estos principios, se identificaron 12 criterios diferentes (Sanmartín et al, 2015). A su vez, se seleccionó un promedio de 20 a 35 indicadores o medidas para evaluar los criterios, los cuales están basados en estudios y bibliografía científica.

La aplicación de los protocolos de evaluación de BA, fortalece los sistemas de producción pecuarios, como el caprino, facilitando la intervención temprana en los problemas que se presenten, focalizándolos y ofreciendo mejoras oportunas (Wageningen, 2012a), ante lo que surge la pregunta de: a partir de la aplicación del protocolo Welfare Quality® ¿Cuál es el nivel de bienestar de los animales en los sistemas de producción caprino dedicados a la producción lechera en los apriscos de Ocaña, Norte de Santander?

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el municipio de Ocaña, ubicado en la zona Centro Occidental del departamento, y pertenece a la sub-región noroccidental, limita por el Oriente con los municipios de San Calixto, La Playa y Abrego. Por el Norte con los municipios de Teorama, Convención y El Carmen. Por el Sur con el municipio de Ábrego. Por el Occidente. Con los municipios de San Martín y Río de Oro (Alcaldía de Ocaña, 2018).

En el contexto Nacional, Ocaña hace parte del Norte de Santander, ubicado sobre la cordillera Oriental en una zona completamente montañosa, tiene una extensión aproximada de 627.72 Km² que representa el 2,76 % del área total del Departamento, la cabecera municipal se encuentra a una distancia de 203 Km. De la capital del Departamento por la vía Ocaña-Cúcuta, además se comunica

con el Departamento del Cesar en la vía Rio de Oro-Aguachica, empalmando con la carretera que va a la Costa Atlántica y hacia el centro del país, de igual manera se comunica con la capital del Departamento por la vía Convención – Tibú – Cúcuta (Alcaldía de Ocaña, 2018).

El enfoque de la investigación fue mixto, con la integración de los métodos cualitativo y cuantitativo. Según Taylor y Bogdan (2004) el enfoque cualitativo de investigación, es el conjunto de técnicas para recopilar datos usando la observación y la interacción directa con los sujetos de estudio (caprinos), entendiendo de forma particular el proceso productivo y la interacción ambiental. Para Bernal (2016), el enfoque cuantitativo se fundamenta en la medición de las características del fenómeno. En este caso, delimitando los criterios e indicadores para valorar el (BA), utilizando el protocolo Welfare Quality® (Tabla 1) (Wageningen, 2012a).

El tipo de investigación aplicada fue descriptiva, señalando las características del fenómeno existente a través de la recolección de datos, interpretación y análisis en atención al universo real de donde proviene Arias (1999) caracterizando el proceso productivo de los apriscos.

La selección de los dos sistemas de producción (apriscos), fue amparado en el tipo de muestra no probabilística por conveniencia Balestrini (2006), el cual permite seleccionar la población objeto de estudio, dadas las características de disponibilidad de acceso, colaboración del productor y presupuesto para la ejecución de la investigación (Bernal, 2006). Y para la evaluación del BA se tuvo en cuenta los cuatro parámetros definidos por el protocolo Welfare Quality® y los 12 criterio recomendados genéricamente para evaluar el BA en sistemas de producción (Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros utilizados en el proyecto Welfare Quality® para la evaluación del BA

PARAMETRO	CRITERIO	INDICADORES
Buena alimentación	1. Ausencia de hambre prolongada.	—
	2. Ausencia de sed prolongada	—
Buen alojamiento	3. Comodidad en el lugar de descanso	Es evaluado a través de comportamientos como levantarse y echarse, sin lesiones.
	4. Comodidad térmica.	La zona de descanso sin problemas de salud y movimientos en su alrededor.
	5. Movimiento con facilidad	
Buena Sanidad	6. Ausencia de lesiones y alopecias	A excepción aquellos que son producidos por enfermedades o intervenciones.
	7. Ausencia de enfermedad.	Problemas clínicos distintos a causados por lesiones.
	8. Desaparición de dolor causado por mal manejo.	Mutilaciones y aturdimiento.
Buen comportamiento	9. libre comportamiento social.	Características positivas (lengueteo social) y negativos (agresión).
	10. Expresión de otros comportamientos (natural).	Aspectos positivos (exploración) y negativos (conductas estereotipadas).
	11. Relación adecuada humano-animal.	Sin miedo a los humanos.
	12. Ausencia de miedo	A excepción de miedo hacia personas.

Definición de criterios para la evaluación global del BA. Botreau, *et al.*, 2007, adaptado por Pallares, 2019; Hoyos *et al.*, 2019

Para la investigación fueron seleccionados dos sistemas, el primero, SP1, ubicado en la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Ocaña vía Acolsure sobre el Algodonal. La altura del aprisco es de 1150 m.s.n.m., esta zona cuenta con un área de 3500 metros cuadrados, con una temperatura promedio de 23°C, la humedad relativa es del 70%, con una precipitación de 1000 mm anuales. Cuenta con un total de 96 animales divididos de la siguiente forma: 33 cabras adultas, 45 cabretonas, 3 levante, 5 machos reproductores y 10 crías, todos estos de las razas, Canaria, Toggenburg, Anglonubiana, Alpina, Criolla Santandereana, Saanen y sus cruces. Sistema de producción semiestabulado y utilizan ordeño mecánico.

El segundo, SP2, ubicado en la vereda Pueblo Nuevo del municipio de Ocaña, al occidente de este municipio. La altura del aprisco es de 1671 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 19,4°C y una precipitación de 1241mm anuales. Al momento de realizar el estudio, se cuenta con un inventario animal de 86 caprinos divididos de la siguiente manera: 34 cabras, 20 cabretonas, 2 machos reproductores y 10 crías, todos estos de las razas, Sannen, Alpina francesa, Toggenburg y algunos cruces de los mismos. Sistema de producción semiestabulado con ordeño manual.

La alimentación en los dos sistemas se basa en praderas con una combinación entre Pará (*Brachiaria mutica*) y Guinea (*Panicum maximum*), pasto de corte Cuba 22 (Ct-115), Taiwán (*Pennisetum purpureum*), King grass (*Pennisetum* sp), Maíz (*Zea mays*) y bancos forrajeros como botón de oro (*Tithonia diversifolia*). El promedio de productividad de leche en estos SP, es de 8 a 15 litros/ día. La reproducción del SP1, se realiza por medio de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y transferencia de embriones (TE), y uso de macho para las hembras que repiten celo, en el SP2 se usa monta natural.

Para la medición en campo del BA, se aplicaron indicadores que evaluaron el bienestar basados en el animal y otros indicadores basados en el ambiente, los cuales evalúan los criterios y principios del protocolo Welfare Quality® (Wageningen, 2012b). Para determinar la calificación de cada principio se promedian las calificaciones obtenidas en cada criterio, las cuales son resultado del promedio de cumplimiento de cada indicador (Pallares, 2019; Hoyos *et al*, 2019).

%CC: Porcentaje cumplimiento del criterio de bienestar.

$$\%CC = [\sum \% \text{Cumplimiento Indicador de bienestar}] / (\text{número de indicadores evaluados})$$

%CP: Porcentaje cumplimiento del principio

$$\%CP = [\sum \% \text{Cumplimiento criterio de bienestar}] / (\text{número de criterios evaluados})$$

Los datos se promediaron para calcular los puntajes de los criterios y los principios. Seguidamente, se asignó la categoría de bienestar, de acuerdo a la siguiente escala (Wageningen, 2012b, adaptada por Pallares, 2019; Hoyos *et al*, 2019):

- Excelente (80 puntos): el bienestar de los animales está en el nivel más alto.
- Elevado (55 puntos): el bienestar de los animales es bueno.
- Aceptable (20 puntos): el bienestar está sobre o cumple con los requerimientos mínimos.
- No clasificado: el bienestar es bajo y considerado inaceptable.

La evaluación del BA en aprisco se considerada excelente si los puntajes en todos los principios es mayor a 55% y tiene valores mayores a 80% en dos de ellos. Elevada, si los puntajes son mayores de 20% en todos los principios y obtiene valores mayores a 55% en dos de ellos. Y Aceptable cuando cuenta con puntajes mayores que 10% en todos los principios y más de 20% en tres de ellos (Wageningen, 2012a; Pallares, 2019; Hoyos *et al*, 2019)

Para la investigación no fueron manipulados de manera directa los animales, sino los registros de los sistemas productivos y mediciones de componentes ambientales, razón por la cual no se hizo necesario el requerimiento de aval de un comité de ética.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada uno de los sistemas estudiados, fueron evaluados 11 criterios, con 19 indicadores medidos en los animales y 9 de tipo medio ambiental (Tabla 2)

El parámetro de buena alimentación se evaluó con 2 criterios: ausencia de hambre se midió con 2 criterios condición corporal y condición de pelaje; para el criterio ausencia de sed se evaluó con 2 criterios; cantidad suficiente de bebederos y condición de bebederos. La diferencia en puntuación para los dos sistemas no fue relevante, presentando promedios de puntuación mayores a 98%, con puntos a mejorar para el SP2 en relación al criterio de condición de bebederos con una evaluación de 91%.

En el parámetro de buen alojamiento se evaluaron 3 criterios: libres de incomodidad en el descanso, con 5 criterios; condición térmica con 1 criterio y facilidad de movimiento con 3 criterios. Se presentaron diferencias para el primer criterio con puntos a mejorar en el indicador de condición de pisos y limpieza de pisos para el SP2 con calificación de 50%, y para el SP1 con ponderación de 80%, reflejando deficiencias en el criterio de libres de incomodidad en el descanso para los dos SP. Los 2 criterios restantes presentaron similitud en el rendimiento de calificación, mostrando rendimientos por encima de 99%.

Como punto adicional para la medición de este parámetro, en el criterio de condición térmica, se registró la temperatura máxima y mínima en los dos sistemas de producción durante 16 días, dando como resultado un promedio de temperatura para el SP1 de 21,9°C con un variación durante el día de 6,23°C, y para el SP2 de 20,1°C con un variación durante el día de 3,42°C, que se ubican dentro del rango de 13 a 32°C reportado con Arauz (2009), citado por Pallares (2019), para cumplir con el BA.

Para el parámetro buena sanidad se calificaron 3 criterios: ausencia de lesiones con 3 indicadores; ausencia de enfermedades con 6 indicadores y ausencia de dolor inducido por manejo con 3 indicadores. Durante el estudio se identificaron puntos a mejorar para los indicadores de presencia de ubres simétricas para el SP1 y para el indicador de malas instalaciones 50% y descorne adecuado 20% para el SP2. Los criterios restantes para este parámetro presentaron rangos superiores a 94% de cumplimiento para ofrecer BA en los apriscos.

Finalmente, para el parámetro de buen comportamiento se evaluaron 3 criterios: libertad de compartimento social, evaluado con el criterio presencia de conductas agonísticas (evaluado por observación de comportamientos al momento de alimentarse y en el proceso de ordeño). Para el

Tabla 2. Tabla de parámetros, criterios e indicadores con su respectiva calificación de los dos sistemas de producción caprinos evaluados.

Sistema de producción 1 (SP1)	(SP1)	(SP 2)	(SP1)	(SP 2)	(SP1)	(SP 2)	
Sistema de producción 2 (SP2)							
Buena alimentación							
Indicador	Criterio	Calif. Indiv	Calif. Indiv	Calif. General	Calif. General	Calif. Global	Calif. Global
Condición corporal	Ausencia de hambre	100%	100%	99%	99%	99,58%	97,35%
Condición de pelaje		98%	98%				
Cantidad suficiente de bebederos	Ausencia de sed	100%	100%	100%	96%		
Condición de bebederos		100%	91%				
Buen alojamiento							
Indicador	Criterio	Calif. Indiv	Calif. Indiv	Calif. General	Calif. General	Calif. Global	Calif. Global
Condición pisos	Libres de incomodidad en el descanso	80%	50%	91%	80%	96,82%	93,21%
Limpieza de pisos		80%	50%				
Limpieza de animales		96%	98%				
Ventilación del aprisco		100%	100%				
Presencia de zona de aislamiento		100%	100%				
Rango de temperatura óptimo	Condición térmica	100%	100%	100%	100%		
Carga animal en el aprisco	Facilidad de movimiento	100%	100%	99%	100%		
Acceso a pasturas		100%	100%				
Sin arrodillamiento al comer		98%	100%				
Buena sanidad							
Indicador	Criterio	Calif. Indiv	Calif. Indiv	Calif. General	Calif. General	Calif. Global	Calif. Global
Sin presencia de cojera severa	Ausencia de lesiones	100%	100%	95%	98%	95,68%	84,71%
Sin abscesos en el cuerpo		100%	100%				
Presencia de ubre simétrica		86%	94%				
Sin secreción nasal	Ausencia de enfermedades	100%	100%	98%	99%		
Sin secreción ocular		100%	100%				
Sin suciedad fecal		96%	97%				
Sin dificultad al respirar		100%	100%				
Sin presencia de tos		100%	100%				
Sin presencia de mastitis		95%	100%				
Descorné adecuado	Ausencia de dolor inducido por manejo	100%	20%	93%	57%		
Recorte de pezuñas		100%	100%				
Estado de Instalaciones		80%	50%				
Buen comportamiento							
Indicador	Criterio	Calif. Indiv	Calif. Indiv	Calif. General	Calif. General	Calif. Global	Calif. Global
Conductas agonísticas (golpes, etc)	Libertad de comportamiento social	86%	95%	86%	95%	88,81%	91,55%
Sin presencia de aislamiento	Expresión de otros comportamientos	100%	100%	100%	100%		
Latencia a prueba de contacto	Relación adecuada humano-animal	80%	80%	80%	80%		
						95,22%	91,71%

criterio expresión de otros comportamientos, calificado con el indicador presencia de aislamiento (revisión de animales aislados de lote por motivos marginamiento social) y para el criterio relación adecuada humano-animal, con el criterio latencia a prueba de contacto (realizando la prueba de los 30 seg antes de entrar al corral con el evaluador inmóvil y 3 minutos dentro del corral) midiendo la cantidad de animales del lote que se acercan y el tiempo de respuesta.

Estas pruebas de comportamiento dieron como resultado puntos a mejorar en el criterio de conductas agonista (presencia de golpes entre los animales y jerarquización) para el SP1, que de debió a que muchos de sus ejemplares cuentan con cuernos prominentes. Para los demás criterios de comportamiento los dos SP cumplen con parámetros superiores a 80% para brindar BA en los SP.

La calificación global para determinar el nivel de BA en los SP fue de 95,22% para el SP1 y 91,71% para el SP2 registrando una categoría de excelente para los dos aprisco. Es de anotar la diferencia marcada entre los dos SP en el parámetro de buena sanidad, donde se presentó una diferencia de 10,97 puntos porcentuales, debido a la calificación de 57% para el criterio de ausencia de dolor inducido por manejo donde se evaluaron indicadores deficientes en descorne adecuado y malas instalaciones. Para fortalecer estos indicadores se diseñó un plan de mejorar con el productor para el proceso de descorne y mejoramiento de pisos e instalaciones en general.

Para los parámetros de buena alimentación la diferencia porcentual entre los dos SP fue de 2,23 puntos y de 3,61 para el de buen alojamiento (Figura 1). En el único criterio donde el SP2 presentó mayores índices de cumplimiento que el SP1 fue en el criterio de buen comportamiento, con una diferencia porcentual de 2,74. Cabe resaltar, que este parámetro en el promedio general presentó el nivel de calificación menor con 90,18%.

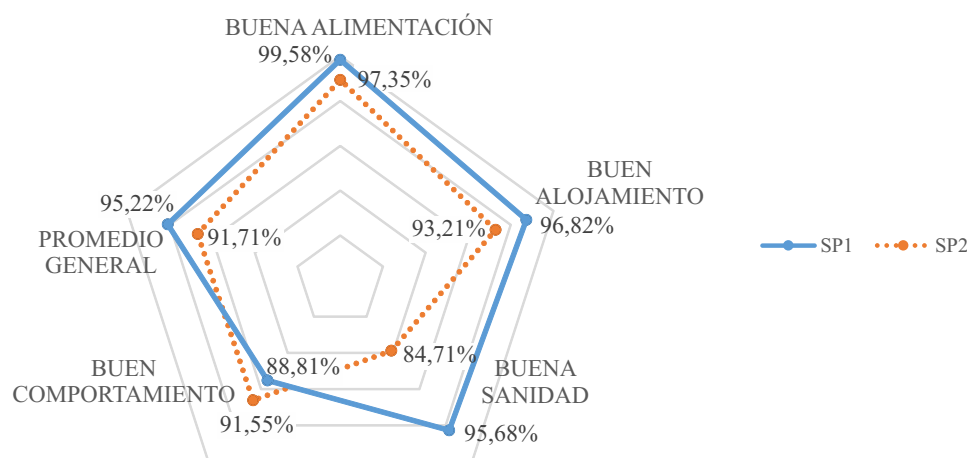


Figura 1. Resultados ponderados para los cuatro parámetros evaluados y promedio general obtenido en la evaluación.

CONCLUSIONES

La evaluación del BA del SP1, a partir de la instauración del protocolo Welfare Quality®, presentó un porcentaje final por encima de 95%, ubicándose en categoría de excelente, con puntos a mejorar en

indicadores como: condición y limpieza de pisos; incidencia de mastitis; presencia de conductas agonísticas de algunos animales, debido a la presencia de cuernos largos y latencia a la prueba de contacto con humanos.

EL SP2 obtuvo evaluación por encima de 90%, encontrándose en la categoría de excelente. De la misma manera, con puntos a mejorar en indicadores como condición de bebederos, condición y limpieza de pisos, deficiencias en el descorné, estado de instalaciones, presencia conductas agonísticas y latencia a la prueba de contacto con el humano.

El proceso productivo de los apriscos, presenta diferencias que no incidente en la medición de los parámetros de BA. Estos protocolos de evaluación, deben ser apropiados por los operarios, para que el ciclo de evolución y ajuste sea constante.

La instauración del protocolo Welfare Quality®, para la medición del nivel de bienestar de los animales en los sistemas de producción caprino dedicados a la producción lechera en los apriscos de Ocaña, Norte de Santander, ofreció indicaciones precisas para la mejora del sistema, constituyéndose en una herramienta efectiva y de fácil uso.

LITERATURA CITADA

ALCALDÍA DE OCAÑA. Sitio oficial Alcaldía de Ocaña - Norte de Santander. 2018. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/Fyn3eK3>

ARAÚZ, Edil Enrique. Importancia del microambiente para el desempeño fisiológico y efectos negativos del estrés calórico sobre la capacidad fisiológica y de producción en los caprinos y ovinos. Dpto. de Zootecnia, Ftad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 2009. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/dyn304e>

ARIAS, F. El proyecto de investigación. Guía para su elaboración. Caracas: Episteme, 3°Ed.1999

BALESTRINI, M. Cómo se elabora el Proyecto de Investigación. Caracas, Venezuela: BL Consultores Asociados.2006. Pp. 62-123

BERGAGLIO, J.P., PALAU, H., & SENESI S.I. Instrumentación de un protocolo de BA y su impacto sobre una explotación ganadera en la provincia de buenos aires. Agronomía & Ambiente. Revista de la Facultad de Agronomía ISSN 2344-9039 (en línea) - ISSN 2314-2243 (impreso). 2017. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/qyn91or>

BERNAL, C. Metodología de la investigación. Bogotá: Pearson, 4°Ed.2016

DALMAU, Antoni., & VELARDE, Antonio. Protocolo Welfare Quality®. Evaluación del (BA).2014. {En línea}. Disponible en: <https://bit.ly/2Lvzzll>

HOYOS PATIÑO, Johann., BERMÚDEZ GUTIÉRREZ, Edinson., HERNÁNDEZ VILLAMIZAR, Daniel., & VELÁSQUEZ CARRASCAL, Blanca. Aplicación del protocolo Welfare Quality® en criaderos equinos para determinar el grado de BA. Mundo FESC, 9(18). Pp. 24-30. 2019. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/iyn3VIB>

PALLARES RINCON, Jhoneisson. Evaluación del BA en el sistema de producción caprino de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña y la finca la Variante ubicada en la vereda pueblo nuevo del municipio de Ocaña, mediante el protocolo Welfare Quality®. Trabajo de grado. Director: Johann Fernando Hoyos Patiño. Facultad de ciencias agrarias y del ambiente. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. 2019. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/ayn3Pce>

SANMARTÍN SANCHEZ, Lourdes., PEREA, Jose., BLANCO PENEDO, Isabel., PÉREZ RICO, Almudena., & VEGA PLA, Jose Luis. (BA) en equinos (*Equus caballus*): una evaluación comparativa en reproductores del sur de España. *Revista Científica*, XXV (6). 2015. Pp. 471-480. {En línea}. Disponible en: <https://bit.ly/2kpC79t>

TAYLOR, S., & BOGDAN, R. *El proceso de la investigación científica*. Mexico: Limusa. 2004

WAGENINGEN, U. R. Welfare Monitoring System Horses – Calculation of scores–version 2.0 Wageningen UR Livestock Research, 44. 2012b. {En línea}. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/238620>

WAGENINGEN, U. R. Welfare Monitoring System–Assessment protocol for horses, version 2.0. Wageningen UR Livestock Research, 44. 2012a. {En línea}. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/238619>

WELFARE QUALITY CONSORTIUM. Certificación IRTA en (BA) “basada en Welfare Quality”. Lelystad, The Netherlands. 2019. {En línea}. Disponible en: <https://bit.ly/2O3871f>

IDENTIFICACIÓN DE LA RAZA CRIOLLO CAQUETEÑO MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FANERÓPTICAS

Identification of the Caqueteño creole breed through the study of the phaneroptic characteristics

Artículo de Investigación

Patiño Quiroz Beatriz Elena^{1*}, Velásquez Restrepo Jaime Enrique²,
Ocaña Martínez Hernán Eduardo³, Baldrich Romero Nicolás E⁴



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

¹Médico Veterinario UDCA, Mg Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación en Fauna Silvestre.

²Zootecnista Universidad Nacional de Colombia, Mg Animal Nutrition University of Florida, PhD Animal Production University of Reading, Docente Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación GIPSA

³Zootecnista Universidad de Nariño, Mg Agroforestería, Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación GISAPA

⁴Médico Veterinario Zootecnista Universidad de la Amazonia, Mg Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de la Amazonia, Grupo de Investigación en Fauna Silvestre.

*Autor para correspondencia:
b.patiño@udla.edu.co

RESUMEN

Los estudios fanerópticos permiten identificar, describir y diferenciar las particularidades externas de los animales que serán seleccionados para mejorar los procesos de consolidación de las razas. El ganado Criollo Caqueteño ha sobrevivido gracias a su rusticidad y adaptación como resultado de la selección natural a las condiciones del piedemonte amazónico colombiano, convirtiéndose en una alternativa para productores de la región. En la presente investigación se identifican los caracteres fanerópticos de individuos de la raza. Se observaron 98 ejemplares (34 machos y 64 hembras) en tres predios del departamento del Caquetá y se analizaron nueve características. Producto de esta investigación se identificaron dos colores, rojo (79%) y bayo (21%); con pelo corto y fino; el 84% de los animales presentó papada discontinua y el color de las mucosas se agrupó en sonrosadas con 46 individuos y oscurecidas en 52 individuos. No se encontró dimorfismo sexual. Dadas las características fenotípicas identificadas en el actual estudio, el bovino Criollo Caqueteño se proyecta como una raza con las condiciones adecuadas para dar rusticidad y resistencia a los cruces en la ganadería, sin embargo, el bajo número de la población prende las alarmas sobre la necesidad de plantear programas para su conservación y rescate.

Palabras claves:

Ganado; Criollo; Raza; Preservación; Estándar Racial.

ABSTRACT

The phaneroptic studies allow to identify, describe and differentiate the external particularities of the animals that will be selected to improve the consolidation processes of the breeds. The Caqueteño Creole cattle has survived thanks to its rusticity and adaptation as a result of natural selection to the conditions of the Colombian Amazonian piedmont, becoming an alternative for producers in the region. In the present investigation, the phaneroptic characters of individuals of the breed are identified. Ninety-eight individuals (34 males and 64 females) were studied in three farms in the Department of Caquetá and nine characteristics were analyzed. As a result of this investigation, two colors were identified, red (79%) and bay (21%); with short fine hair; 84% of the animals presented discontinuous

Como citar:

PATIÑO-QUIROZ, B.E. *et al.* Identificación de la raza criollo caqueteño mediante el estudio de las características fanerópticas. En: Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio, 2019. Pp. 23-32. ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

dewlap and the color of the mucosa was grouped into rosy with 46 individuals and darkened in 52 individuals. No sexual dimorphism was found. Given the phenotypic characteristics identified in the current study, the Caqueteño Creole bovine is projected as a race with the right conditions to give rusticity and resistance to the crossings in livestock, however, the low number of the population triggers the alarms on the need to raise programs for their conservation and rescue.

Key words:

Creole; Cattle; Breed; Preservation; Racial Standard.

INTRODUCCIÓN

Los recursos genéticos agrupados bajo la concepción de razas bovinas se conciben como el resultado de la intervención humana, mediante selección y cruzamiento a través de miles de años. No fue sino hasta el siglo XVIII cuando en Europa las diferencias entre el ganado adquirieron nombre y comenzó a utilizarse el término “Raza” (Eureca, 2010). Según el sistema de información sobre razas de animales domésticos (DAD-IS en inglés) para el 2014 se encontraban registradas 1099 razas bovinas, y en el 2004 se estimaba una población mundial de 1.339 millones de cabezas FAO, 2015). De estas, para el 2016 Colombia contaba con el 1,7% del total; con una diversidad de razas y cruces aptos para diversos sistemas de producción y para ciertos pisos térmicos.

La FAO (2012a) define las razas indígenas/autóctonas/nativas como aquellas *"Procedentes de, adaptado a y utilizada en una región geográfica determinada, forman un subconjunto de las Razas adaptadas localmente"*. Los animales criollos, entre muchas otras bondades, tienen una amplia adaptación climática, reproductiva, nutricional, sanitaria, capacidad de aprovechamiento de recursos naturales y de supervivencia con limitados recursos alimenticios disponibles, al igual que responden bien a los sistemas de ceba intensiva (Barrera, 2006; Sierra, 2001). Estos rasgos generan en los investigadores nacionales e internacionales interés, por lo que se reportan estudios de alto impacto sobre estos individuos y paralelismos con otras poblaciones españolas (Barba, 2005)

Las razas de bovinos criollos colombianos, son descendientes del ganado traído por los españoles en el segundo viaje de Colón en 1493 a la isla La Española, hoy República Dominicana y Haití (Primo, 1992). Estos animales se distribuyeron junto con los pobladores españoles y fueron asentándose por el continente americano en diferentes latitudes, en algunos casos, con muy poca intervención humana, lo que ocasionó situaciones particulares como en Colombia, donde se desarrollaron ocho razas nativas con poblaciones que hoy se encuentran seriamente disminuidas, y entre las que se cuentan las siguientes con su respectivo número de ejemplares: Romosinuano (2.014) y Costeño con Cuernos (416) en la Costa Atlántica; Blanco Orejinegro (2.886) y Chino Santandereano (368) en la zona montañosa; Hartón del Valle (HV) (5.120) en el Valle del río Cauca, Casanareño (421) y San Martinero (3.166) en la Orinoquía y el Criollo Caqueteño (<200) en el Amazonia (Gutiérrez et al, 2003; Alderson, 1974; Ortiz, 1997).

El bovino de raza Criollo Caqueteño (GCC) enmarca la historia de los colonizadores a cargo de los frailes franciscanos, los cuales emprendieron la colonización del territorio de la Amazonia Caqueteña. Las condiciones ambientales de valles y planicies convertidas a praderas para la siembra

de gramíneas en zonas antiguamente boscosas dieron condiciones adecuadas para su proliferación, pero dentro de un proceso de adaptación al entorno durante casi 5 siglos. Bajo esas condiciones, la raza desarrolló características de rusticidad y resistencia (Barrera (2006). Este autor caracterizó la población a partir de 80 ejemplares para lo cual utilizó 14 marcadores moleculares tipo microsatélite, y reporta que estos animales son *Bos Taurus*, con una población genéticamente uniforme y separada de otras razas criollas. Este estudio también demostró que el GCC se relaciona con las razas BON y Romo.

Una de las herramientas más importantes en la selección de los especímenes es el conocimiento etnológico que abarca las características genéticas, físicas y comportamentales de los individuos (Buxadé, 1995). La faneróptia es definida por Sánchez y Sánchez (1986), como la condición visible; de la morfología externa aplicada a la etnología bovina, que estudia las estructuras perceptibles de base tegumentaria y de cobertura. La faneróptica abarca el estudio de la piel, como carácter étnico la dermis, dotación glandular, caracteres del pelo y de la lana (estructura), coloraciones, encornaduras, uñas, pezuñas, entre otros (Rodero, 2002). De acuerdo con Sañudo (2009), las investigaciones de índole faneróptica permiten describir, diferenciar e identificar las características externas de los animales que deberán ser seleccionadas para mantener y mejorar en los procesos de consolidación de las razas.

La raza de bovinos Criollo Caqueteño cuenta con un bajo remanente de hembras en capacidad reproductiva (<150 individuos), ubicando a esta población de ganado actualmente en la categoría “*en peligro de extinción*”. Teniendo en cuenta los parámetros que para tal efecto ha establecido la FAO en 1990; la erosión genética que representaría la pérdida de este grupo racial, supondría una grave fragmentación y pérdida de los códigos biológicos desarrollados en la línea del acostumbramiento de este tipo de bovinos.

El presente trabajo se fundamenta en la necesidad de desarrollar evidencias científicas que permitan su adecuada identificación, uso y aprovechamiento, en correspondencia con los lineamientos de la FAO (2012b) que promueven el uso de razas o variedades productivas del sector agropecuario, naturalmente adaptada a las zonas en las que están siendo aprovechadas. Este documento presenta los resultados de un estudio de las características fanerópticas de la raza Criollo Caqueteño en la Amazonia colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del estudio: La investigación de tipo descriptiva se desarrolló en el departamento del Caquetá, en tres predios rurales con un estimado del 75% de la población de Bovinos de la Raza Criollo Caqueteño. Los predios se localizan geográficamente en la Amazonia colombiana; en un clima AF (Ecuatorial) según la clasificación de Köppen y dentro del ecosistema de bosque húmedo tropical (Holdridge, 1978). En estos predios se reporta una temperatura promedio entre 24,4° C y 26°C una pluviosidad anual que reporta desde 3793 mm hasta 3340 m, brillo solar de 1707 horas/luz/año, humedad relativa 85,7% (IDEAM, 2009). Las observaciones se realizaron en las siguientes localidades:

1. Centro de Investigaciones Amazónicas CIMAZ- MACAGUAL “Cesar Augusto Estrada

- González”, de la Universidad de la Amazonia, ubicado a 20 km del casco urbano del municipio de Florencia; 1°37' N y 75°36' W.
2. Explotación Villa Mery, ubicada aproximadamente a 5 km del casco urbano del municipio de Morelia, vía a Valparaíso; 1°48' N y 75°72' W.
 3. Finca el Pensil, ubicada en el km 2 sobre la vía Montañita - Florencia; 01°28'08.8” N y 075°27'31.8” W.

En total se utilizaron 98 bovinos distribuidos así: de las fincas El Pensil y Villa Mery se evaluaron 10 y 18 vacas, respectivamente, mientras que de Macagual se evaluaron 36 hembras, 31 machos y 3 toros.

Implicaciones éticas: Durante el periodo de muestreo todos los animales fueron tratados de acuerdo con la normatividad actual de bienestar animal, evitando cualquier evento que pudiera ocasionar estrés a los semovientes (Estrada, 2014). Esta investigación fue avalada por el comité de Ética Bioética y Bienestar Animal de la Universidad de la Amazonia mediante Acta del 23 de abril de 2014. Donde se observó directamente el fenotipo de cada individuo y se determinaron los caracteres fanerópticos siguiendo algunos lineamientos de Sañudo (2009).

Análisis estadístico: Los resultados se analizaron en general mediante estadísticas descriptivas. Se aplicó una prueba de χ^2 para determinar posibles asociaciones entre las características y el sexo. En algunas de las características con nombres combinados, donde el número de individuos era muy bajo o cero, los valores se sumaron a las características predominantes para realizar la prueba χ^2 ; en otras, donde era evidente la dominancia de un carácter en particular y se presentaban valores muy bajos en otros, no se realizó la prueba y solo se presentan los porcentajes de estas. Se realizó un análisis de correspondencia múltiple utilizando el paquete estadístico R (R-core team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rasgos fanerópticos de bovinos de la raza Criollo Caqueteño se presentan en porcentaje para machos y hembras, al igual que el valor de χ^2 , en la tabla 1.

Los resultados de la Tabla 1 indican que, con excepción del color de las mucosas, no se encontró significancia ($P < 0,05$) entre las características y el sexo, según la prueba χ^2 . Esto, en términos generales, indica que no hay un dimorfismo sexual en la faneroptia de la raza Criollo Caqueteño, corroborado con un análisis de correspondencia múltiple (ACM) presentado en la figura 1.

En la figura 1, el ACM muestra la mayoría de los animales hacia el centro del cuadrante indicando poca dispersión. De igual manera, las elípticas indican que no hay una diferencia significativa ($P < 0,05$) entre machos y hembras para las

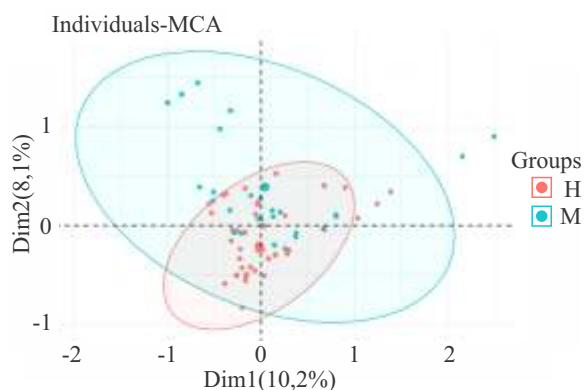


Figura 1. Análisis de Correspondencia Múltiple de variables fanerópticas de machos y hembras de ganado Criollo Caqueteño.

Tabla 1. Características fanerópticas de ganado Criollo Caqueteño (%)

Carácter	Característica	Hembras	Machos	χ^2
Papada	Discontinua	87,5	79,4	0,288
	Continua	12,5	20,6	
Capa	Rojo	78,1	79,4	0,882
	Bayo	21,9	20,6	
Pliegue umbilical	Ausente	68,8	52,9	0,122
	Presente	31,2	47,1	
Color mucosas	Sonrosadas	56,2	29,4	0,011*
	Oscurecido-negra	43,8	70,6	
Manchas	Ausente	85,9	88,2	0,749
	Algunas manchas	14,1	11,8	
Borla	Rojo	93,8	82,3	ND**
	Negro	3,1	5,9	
	Amarillo	3,1	11,8	
Faneros córneos	Claros	65,6	75,8	0,306
	Negro-Oscuro	34,4	24,2	
Textura pelo	Corto y fino	100	100	ND
	Morrillo			
	Ausente	100	76,5	
	Presente	0	23,5	

*Significativo ($P < 0,05$) según una prueba χ^2 **ND = no determinada.

diferentes características evaluadas.

Las características presentadas en la Tabla 1 se discuten a continuación:

La papada: Todos los animales evaluados tenían papada, presentándose discontinua en alrededor del 84% de los individuos y continua en el resto, sin que haya asociación entre machos y hembras (Tabla 1). La presencia de papada en algunas razas conforma algunas de las características que agrupan a los *Bos indicus* y como se desprende de lo reportado por Villasmil y Aranguren-Méndez (2005), en ganado doble propósito, en cruces hasta 82,5 % *Bos taurus* no tienen papada, mientras que con mayor proporción de *Bos indicus* esta característica se presenta en los individuos. En este

sentido, los resultados en este estudio contrastan con lo expresado por Barrera et al. (2006) quienes describen al Criollo Caqueteño como *Bos taurus*, aunque los autores indican que puede haber un bajo porcentaje de introgresión genética de *Bos indicus* en esta raza.

Los resultados de la papada coinciden con lo indicado por Trujillo y Floriano (2005) quienes afirman que esta característica se agrupa en continua y discontinua y con lo reportado por Sastre (2010) para el Ganado Criollo Casanareño donde el 69% de la población presenta papada discontinua. Este autor, sin embargo, encontró que 14,3% de la población no posee papada, siendo notorio este hallazgo en el 16,7% de las hembras.

La capa: El patrón de capa predominante fue de tonalidades uniformes de un solo color e identificándose dos tonalidades principalmente (figura 2) el rojo con una mayoría (79%) sobre el bayo (21%). Dentro del rojo se incluyen el rojo retinto correspondiente a tres toros adultos. No se presentó relación ($P < 0,05$) entre el color y el sexo. El pelo fue corto y fino en el 100% de los animales evaluados. Esta característica coincide con lo descrito por Trujillo y Floriano (2005)

Niyas *et al*, 2015 asegura que animales que presentan colores más claros en su capa con pelaje pino, absorben menos calor que aquellos de colores oscuros y gruesos, lo que se presume como una adaptación evolutiva aplicable al GCC.



Figura 2. Patrón de tonalidades a. Rojo b. Bayo

El pliegue umbilical: El 61% de los animales no presentaron pliegue umbilical mientras que en el 31% esta característica estaba presente, sin que hubiera relación ($P < 0,05$, Tabla 1) con el sexo. Los resultados coinciden con lo reportado por Sastre (2010) para el Ganado Criollo Casanareño donde el 59,5 % de la población no lo posee.

El color de las mucosas: Esta característica enmarca la coloración de la mucosa nasal, vulva y/o prepucio y color de las pezuñas y presentó tres diferentes tonalidades (sonrosadas, oscurecidas y negras). Para la prueba χ^2 se sumaron las frecuencias de las oscurecidas y negras. Se observó una relación significativa ($P < 0,05$) entre el color de las mucosas y el sexo de los animales. En las hembras fue más frecuente encontrar mucosas sonrosadas, mientras que en los machos el 70% las presentó oscurecidas o negras (Tabla 1). Para el ganado Criollo Casanareño, Sastre (2010) reporta

un 73,8% de predominio de las mucosas negras. Según Barcelo (2000), en el ganado Criollo Mallorquina, de 83 ejemplares observados, 69 tenían las mucosas pigmentadas y 14 despigmentadas.

Las Manchas: El 87% de los animales no presentaron manchas, sin embargo, se identificaron algunas sin relación significativa con el sexo, en hembras se observaron manchas como el meano-bragado-lucero (3,1%); lucero-meano (1,6%); meano-bragado (7,8%) y bragado (1,6%). En los machos se observaron lucero en 8,8% y bragado en 2,9%. Según el Comité de Ganaderos del Caquetá, la capa del GCC debe ser de un solo tono, sin embargo, se acepta que haya algunas variaciones.

En otras razas criollas como el Casanareño, se presentan diferentes tipos de manchas, similares a las del criollo Caqueteño, tales como meanas, bragadas y lucero (Sastre, 2010). El autor indica que no hay diferencias significativas en la presencia de estas manchas entre sexos para el bragado, donde el 66,7% de los machos presenta la particularidad frente a solo 11,1% de las hembras. El carácter meano presenta la misma distribución, debido en este caso, a que los animales que son meanos son bragados también. Esta relación no se guarda en el ganado Criollo Caqueteño donde se puede identificar que las características bragado y meano solo la comparten el 5% de los ejemplares diferente al 2% de los ejemplares bragados. Para el caso de lucero en el criollo casanareño, 16,7% de los machos lo presenta a diferencia de las hembras donde no hubo ningún caso (Sastre, 2010).

La Borla: Se identificaron 7 tipos de colores de borla. Sin embargo, algunas combinaciones se agruparon al rojo o al negro, pero no se realizó la prueba χ^2 debido a que, como se deduce de la tabla 1, en el 88% de los individuos predominó el rojo, sin diferencias apreciables entre hembras y machos. El porcentaje restante se repartió entre los colores negro y amarillo.

Los Faneros córneos: Se encuentran variaciones en esta característica con coloraciones oscurecidas, claras, negras y veteadas tanto en hembras como en machos. En promedio, el 71% eran claros y el resto entre negros y oscuros, sin relación con el sexo ($P < 0,05$).

El Morrillo: Esta característica estuvo ausente en el 100% de las hembras, mientras que en los machos un 23,5% la poseía. En el estudio de Sastre (2010) ninguno de los animales criollo Casanareño presentó morrillo. La presencia de morrillo en algunos machos Criollo Caqueteño puede ser explicada, al menos en parte, por la introgresión moderada del ganado cebú indicada por Barrera *et al.* (2006).

CONCLUSIONES

El ganado criollo Caqueteño posee una coloración uniforme con pocas manchas y de predominio rojo, con un pelo corto y fino, características que han sido estudiadas por diferentes autores y que son destacadas como variables altamente adaptativas, lo que convierte a la raza en candidata para proyectos de reconversión ganadera.

El estudio muestra una alta homogeneidad en los bovinos Criollo Caqueteño. El tamaño de la muestra estudiada (75% del total de la población), proporciona confiabilidad al momento de establecer los rasgos fanerópticos más importantes.

Estos estudios dan el primer paso para destacar la importancia de la implementación de material genético capaz de resistir el rápido cambio climático que se viene presentando en el mundo, como lo establece la FAO.

Dadas las características fenotípicas identificadas en el actual estudio para los bovinos Criollo Caqueteño, la proyectan como una raza con las condiciones adecuadas para dar rusticidad y resistencia a los cruces en la ganadería, uno de los renglones de importancia social, económica y productiva en la amazonia colombiana. Sin embargo, el bajo número de ejemplares de la raza genera en la comunidad académica una alta preocupación por la pérdida de años de adaptación.

AGRADECIMIENTOS

Al MSc, Gustavo Adolfo Celis, PhD. Jaime Enrique Velásquez R. PhD Gloria Elena Estrada y MSc, Hernan Eduardo Ocaña por su acompañamiento, asesoría y respaldo para la realización de este estudio. Y a todas las personas que trabajan en el Centro de Investigaciones Amazónica CIMAZ Macagual Cesar Augusto Estrada Gonzales, por su dedicación a la conservación de la raza de ganado Criollo Caqueteño, así como a los propietarios de los núcleos el Pensil y Villa Mery.

LITERATURA CITADA

ALDERSON, G. L. H. (1974). Genetic conservation and breed improvement: The Ark, 1:7-8p.

BARBA, C, FERNÁNDEZ, J. (2005) Paralelismo entre las razas criollas americanas y las razas autóctonas españolas. España: Archivos de zootecnia., vol. 54, no 206, p. 135-139.

BARCELÓ, T. LLITERES, B. PUIGSERVER, G.(2000) Criterios a seguir en la selección de la raza bovina Mallorquina con relación a su filogénesis. España: Archivos de zootecnia., 2000, vol. 49, no 185, p. 63-69.

ESTRADA- Cely G E (2014) Bienestar animal en la medicina veterinaria y zootecnia. Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá. Colombia.

BARRERA GP, Martínez R, Torrijos R y Román F. (2006). Caracterización molecular de una población de ganado Caqueteño y su relación filogenética con razas bovinas criollas colombianas. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria; 7:33-41. {En línea}. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/4_Molecular_Characterization_Caqueteo.pdf

BUXADÉ, Carlos (1995). Zootecnia: bases de producción animal.1 ed. Mexico D.F.: MundiPrensa,. 381p.

EURECA (2010). European Regional Cattle Breeds. Local cattle breeds in Europe: Development of policies and strategies for self-sustaining breeds. Eureka Consortium Partners: Wageningen Academic Publishers. Disponible en: <http://www.regionalcattlebreeds.eu/publications/documents/9789086866977cattlebreeds.pdf>>

FAO (2015). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Breed data sheet: Cattle Breeds. Domestic Animal Diversity Information DSystem. Ciudad de Roma: Dairy Gateway. {En línea}. Disponible en: <http://dad.fao.org/>>

FAO (1990) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Agricultural Investment to Promote Improved Capture and Use of Rainfall in Dryland Farming. Ciudad de Roma: Dairy Gateway. {En línea}. Disponible en: <http://www.fao.org/3/contents/6c58d17f-848b-52e6-ad90-db04ff37c219/v9895e00.htm>>

FAO (2012a). FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Phenotypic characterization of animal genetic resources Ciudad de Roma: FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS., 168 p. {En línea}. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i2686e/i2686e00.pdf>>

FAO (2012b) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Report of a consultation on the definition of breed Categories: Intergovernmental technical working group on animal genetic resources for food and agriculture. Commission on genetic resources for food and agriculture. Ciudad de Roma: Dairy Gateway. 2012. 7p. {En línea}. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/026/me588e.pdf>>

GUTIERREZ W; & MARTINEZ R; & ANZOLA H. (2003), situación de los recursos zoogenéticos en Colombia. Ed, produmedios, Bogotá DC- Colombia. {En línea}. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Colombia.pdf>

HOLDRIDGE, L. R. (1978). Ecology based on life zones. (Inter-American Institute for Cooperation in Agriculture Press) San José, Costa Rica:

IDEAM (2009) Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Datos meteorológicos del Departamento del Caquetá. Bogotá DC: Estación Limnimétrica de Montañita, Caquetá.

LAUVERGNE, J. J. (1986) Methodologie proposée pour l'étude des Ovicaprinae méditerranéens en 1986. In "J.J. Lauvergne: Traditional populations and firsts standardized breeds of Ovicaprinae in the Mediterranean. Paris: INRA., 47, 77-94 p.

NIYAS PAA, CHAIDANYA K, SHAJI S, SEJIAN V, BHATTA R, ET AL. (2015) Adaptation of Livestock to Environmental Challenges. J Vet Sci Med Diagn 4:3

ORTIZ, M. (1997). Las razas autóctonas españolas y su participación en los bovinos criollos iberoamericanos. Simposium sobre utilización de Razas y Tipos Bovinos creados y desarrollados en Latinoamérica y el Caribe. Maracaibo, Venezuela: APLA., 24-28 p.

PINZON E. (1991). Historia de la ganadería bovina colombiana. Bogotá D.C: Banco Ganadero. Disponible en: <URL: <https://goo.gl/9gxIhO>> Vol. 8 Número

PRIMO, A. (1992). El ganado bovino ibérico en las Américas: 500 años después. Brasil: Archivos de zootecnia., 1992. Disponible en: <URL: <https://goo.gl/0T0TLr>> vol. 41, no 154, 421-432 p.

RODERO, S. (2002). Procedimiento normalizado de trabajo para el reconocimiento y catalogación de razas ganaderas. Córdoba, España: Sociedad Española de Zooetnología., 37 p.

R CORE TEAM. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SÁNCHEZ, A. y SÁNCHEZ, M. (1986). Razas Ovinas Españolas. España: Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación., 1986.

SAÑUDO, C. 2009. *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España.

SASTRE, H. J., RODERO, E., RODERO, A., HERRERA, M., & PEÑA, F. (2009). caracterización etnológica y propuesta del estándar para la raza bovina criolla Casanare. *Animal Genetic Resources*, 2010, 46, 73–79. © Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010 doi: 10.1017/S207863361000072X. {En línea}. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/i1353t/i1353t10.pdf>

SIERRA, I. (2001). “El concepto de raza: Evolución y realidad”. Zaragoza, España: Archivos Zootecnia., 2001. Disponible en: <URL: <https://goo.gl/NxRcls>> 50;192: 547-564p.

TRUJILLO Y. FLORIANO L. (2005). “Características morfométricas y faneropticas de la raza”. *Genética Pura: Ganado Criollo Caqueteño*. Florencia, Caquetá: Panamericanos., 2005

VILLASMIL WI Y ARANGUREN-MÉNDEZ JA 2005 Clasificación fenotípica en vacas mestizas. En: González-Stagnaro C, Soto E, Editores. *Manual de Ganadería de Doble Propósito*. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela, 75-81.

IDENTIFICACIÓN DE MAMÍFEROS, AVES, PECES Y REPTILES COMO ESTRATEGIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS COMPETENCIAS DEL ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

Mammals, birds, fish and reptiles identification as a strategy for strengthening of the skills of the natural sciences area

Artículo de Investigación

Juan Pablo Parra - Herrera^{1*} y Oscar Andrés Escudero - Sánchez²



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

¹Biólogo, Esp, Mgs. Phd. en Ciencias. Docente Secretaría de Educación Departamental del Caquetá.

²MVZ, Lic. Inglés, Esp. FYEP. Content Developer. Universidad del Istmo.

Como citar:

PARRA-HERRERA, J.P. y ESCUDERO-SÁNCHEZ, O.A.. Identificación de mamíferos, aves, peces y reptiles como estrategia para el fortalecimiento de las competencias del área de ciencias naturales. En: Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio, 2019. Pp. 33-42. ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:
juanfauna@gmail.com

RESUMEN

El conocimiento detallado del número de especies presentes en un área geográfica es fundamental para la realización de acciones y programas para el uso, protección y conservación biológica. En este sentido, los inventarios faunísticos han demostrado ser de gran utilidad para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Partiendo de lo anterior se realizó un inventario de biodiversidad con estudiantes de la Institución Educativa Rural Platanillo de la sede el Vergel en el municipio de san José del Fragua-Caquetá. Donde se utilizó como método de muestreo metodologías no invasivas como puntos de observación para aves, trampas cámara y huellas, búsqueda intensiva en anfibios y reptiles y redes de arrastre en peces. Esta investigación arrojó como resultado un total de 81 especies registradas. El grupo taxonómico con el mayor número de especies fue el de aves con 54 especies, seguido de los mamíferos y en último lugar anfibio, reptil y peces. El uso de la investigación contribuyó no solo a conocer las especies de la región si no en el cambio de actitud de los estudiantes, favoreciendo significativamente los procesos de enseñanza aprendizaje. Lo anterior, se evidencia en los resultados de investigación obtenidos por los estudiantes donde se evidenció un fortalecimiento en competencias del área de ciencias naturales en los entornos vivo, físico y químico, a través de la investigación, convirtiéndose en una aproximación al listado actualizado de biodiversidad faunística para el sur de la amazonia Caqueteña.

Palabras claves:

Biodiversidad; Estudiantes; Inventario.

ABSTRACT

Detailed knowledge of the number of species present in a geographic area is essential to carry out actions and programs for the use, protection, and biological conservation. In this sense, fauna inventories have proven to be very useful for the knowledge and use of biodiversity. Based on the above, a biodiversity inventory was carried out with students from Institución Educativa Rural Platanillo sede el Vergel in the municipality of San José del Fragua-Caquetá. Where non-invasive methodologies such as observation points for birds, camera traps and footprints, intensive search in amphibians and reptiles, and trawls in fish were used as a sampling method. This research resulted in a total of 81 registered species. The taxonomic group

with the highest number of species was birds with 54 species, followed by mammals, and lastly amphibians, reptiles, and fish. The use of research contributed not only to know the species of the region but also in the change of attitude of the students, significantly favoring the teaching-learning processes. The foregoing is evidenced in the research results obtained by the students, where a strengthening of competencies in the area of natural sciences in the living, physical and chemical environments as evidenced through research, becoming an approximation to the updated list of fauna biodiversity for the southern Amazon of Caquetá.

Key words:
Inventory; Biodiversity, Students

INTRODUCCIÓN

La IER Platanillo se encuentra ubicada en el piedemonte de la Cordillera Oriental y se sitúa al nororiente del Municipio de San José del Fragua departamento del Caquetá en la zona de amortiguación al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi. Esta zona se caracteriza por una gran diversidad biológica pero enfrenta problemas de colonización, deforestación y el aprovechamiento de la tierra para sistemas convencionales, producción ganadera y cultivos ilícitos, provocando transformación de los ecosistemas naturales, cuenta con grandes vacíos del conocimiento de su biodiversidad y una fuerte falencia en la enseñanza de la investigación en las ciencias naturales que es fundamental en la conservación de los ecosistemas por los pobladores locales, la falta de apropiación de los recursos faunísticos por parte de los estudiantes es una problemática vista día tras día afecta a la sede el Vergel, los alumnos apenas logran reconocer las características de los seres vivos y tienen limitaciones en establecer relaciones con el ambiente; tampoco pueden representar algunos eventos naturales, taxonomía de animales silvestre y realizar investigación.

Aunque los niños que habitan la zona rural observan diariamente los alrededores de su entorno, desconocen las especies animales y vegetales características de su región, la importancia de estas y de los ecosistemas que los rodean (MEN, 2015). Lo anterior se atribuye en parte, a que la formación en ciencias de la naturaleza no ha sido orientada desde las necesidades de las comunidades rurales, pues por lo general los materiales han sido diseñados para los que habitan en lugares donde la diversidad biológica está conformada por otros organismos y está influenciada por factores climáticos completamente diferentes a los de nuestra región amazónica (Sánchez, 2015).

Es en este sentido, que la investigación como herramienta en la formación de competencias científicas, puede ofrecer gran cantidad de posibilidades para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje que se llevan a cabo dentro y fuera del aula de clase, creando entornos de aprendizaje lúdicos e interactivos (Deruyttere, *et al.* 1997). Por tal motivo, la presente investigación busca fortalecer las competencias del área de ciencias naturales en los entornos vivo, físico y químico, a través de la investigación. El conocimiento de la diversidad biológica favorece los propósitos de la educación ambiental, ya que esta busca producir ciudadanos conscientes de su entorno biofísico y los problemas asociados a este, lo cual se logra sobre la base del conocimiento de los ecosistemas (Hilty, 2010)

El presente proyecto se enmarcó en los procesos generales de las Ciencias Naturales que define el Ministerio de Educación de Colombia (2015) sobre los cuales se evalúa el uso comprensivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación. El uso de la investigación como herramienta en la formación de competencias científicas pueden ofrecer gran cantidad de posibilidades para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje que se llevan a cabo dentro y fuera del aula de clase, creando entornos de aprendizaje lúdicos e interactivos. Por tal motivo, la presente investigación busco fortalecer las competencias del área de ciencias naturales en los entornos vivo, físico y químico, a través de la investigación (Geilfus, 1996, Graipel, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La sede el Vergel se encuentra ubicada a $1^{\circ}21.3420$ N Latitud y $75^{\circ}57.646$ con una altura de 472 m.s.n.m. con un brillo de 720 luz. Está situado a 4 km del casco urbano del municipio de San José del fragua, se encuentra cerca al piedemonte de la Cordillera Oriental y al nororiente del Municipio de San José del Fragua. En la zona de amortiguación al Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi. Cuenta con un clima cálido húmedo ($T > 25^{\circ}\text{C}$), precipitación > 2751 mm, con una tendencia monomodal con los mayores picos de precipitación en mayo y junio, y meses secos en enero y febrero, Humedad relativa del 90%, brillo solar 4 horas diarias de luz solar. El proyecto se desarrolló en los bosques alrededor de la Institución Educativa y en la quebrada la oruga (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de las cámaras trampa y los sitios de muestreo en la Sede el Vergel de la Institución Educativa Rural Platanillo en el municipio de San José del Fragua.

Tipo de Investigación: Para el desarrollo de este proyecto, se usó una investigación cuantitativa que permitió coleccionar información de los inventarios de biodiversidad en el área de ciencias naturales de los estudiantes. Este tipo de investigación permite la recopilación de datos numéricos de las pruebas diagnósticas que se realicen al grupo de estudiantes para establecer el nivel de competencias en el área de ciencias naturales. Esta investigación es descriptiva teniendo en cuenta la definición propuesta por Castaño (1998): La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta (Cardozo, 1997). Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios

sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan el bosque estudiado (Carvajal Cogollo, 2008).

Puntos de observación en aves: Fueron registradas de manera visual, auditiva. Se utilizó el método de transecto lineal de 1 km, donde se ubicaron puntos de observación distanciados (Ramírez *et al.* 2004, Renjifo, 2002, Rodríguez, 2002). En cada punto se registrarán todos los individuos por especie de ave, que se observe o se escuche, en un radio de 50 m alrededor del punto durante 15 minutos. Los transectos fueron muestreados en las horas de la mañana iniciando a las 06:00 horas hasta las 10:00 horas y en la tarde desde las 15:00 pm hasta las 18:00 pm. Ésta combinación permitirá una máxima eficiencia y efectividad en los muestreos (Hilty, 2010; Salaman, 2009). Para la taxonomía seguimos la propuesta hecha por Hilty (2001) y Gallo (2005) a nivel de orden, familia, género, para los nombres en lengua tuvimos en cuenta los nombres de los abuelos y de las personas conocedoras de la zona. Para las observaciones utilizamos binoculares. Estas fueron apoyadas en la medida de lo posible mediante la toma de registros fotográficos con cámaras digitales siguiendo a Sanchez (2015).

Mamíferos: Para conocer los mamíferos se realizaron caminatas diurnas y recorridos nocturnos cerca a los caminos en el bosque. En cada encuentro directo con un individuo o grupo de mamíferos registraremos la especie, tamaño de grupo y las coordenadas respectivas. Además, utilizaremos métodos indirectos como huellas, heces, madrigueras, rasguños en los árboles, vocalizaciones y otros rastros que indiquen la presencia de mamíferos (Aquino *et al.* 2001, Barnett, 1995). Para la identificación de los registros directos e indirectos usaremos las guías de Emmons (1999), Deffler (2003), Deffler (2010) y Castaño Mora (2002). La taxonomía utilizada será la que sigue a Foto-trampeo. Se instalaron 2 cámaras trampa en el bosque. Las trampas cámara cuentan con un sensor de calor y movimiento, por lo que se activan cuando un animal cruza por delante de la cámara (Silver, 2004). Las trampas fueron programadas para tomar fotos de manera continua (24h al día) activadas por la presencia de animales, con un intervalo de 15 segundos entre cada fotografía para de esta manera maximizar el número de fotografías por detección. Las trampas serán colocadas a una altura de 30-50 cm sobre el nivel del suelo dependiendo del sitio de muestreo, activas por 1 a 8 periodos de 24 horas (Simmons, 2010; Kelly 2008).

Peces: Como método de captura se emplearán anzuelos, mayas y se documentarán aquellos métodos artesanales utilizados por la comunidad. En cada sector se tomarán muestras utilizando simultáneamente atarrayas, tres líneas de anzuelos y atarraya durante un período de dos horas de pesca. Las muestras se colectarán durante tres horarios de pesca: de 8:00 a 10:00 (mañana), de 15:00 a 17:00 (tarde) (Jacome, 2003).

Análisis de la información: Se analizaron de forma descriptiva los datos obtenidos con los diferentes instrumentos, a través de tablas estadísticas y gráficas de barras que los niños pudieron interpretar en el área de tecnología y ciencias naturales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fauna de la zona está poco conocida en términos generales, hasta el momento no se cuenta con un inventario actualizado ni se han hecho evaluaciones ecológicas, lo que se tiene son los registros alrededor del Parque Natural Alto Fragua India Wasi esta investigación es el primer acercamiento a

un inventario de la zona, que mediante durante los recorridos con los niños fue posible realizar observaciones directas e indirectas de fauna silvestre como son (plumas, pieles, huesos, huellas, madrigueras y fototrampeo). Se encontró o un total de 81 especies registradas donde el grupo taxonómico con el mayor número de especies fue el de aves con 56 especies, seguido de los mamíferos y en último lugar anfibios, reptiles y peces. Esto se debe al mayor número de especies y los hábitos de esta clase, que facilitan su visualización. El grupo taxonómico que concentro la mayor riqueza de especies fue la clase correspondiente a la de aves con un 67% de las especies, seguido de la clase de los mamíferos, anfibios, peces y reptiles. Durante el inventario registramos 54 aves, 6 anfibios, 5 reptiles, 11 mamíferos y 5 peces (Figura 2). Se estiman que para la zona se estiman 1287 especies de plantas vasculares y hasta 700 especies de vertebrados para la región.

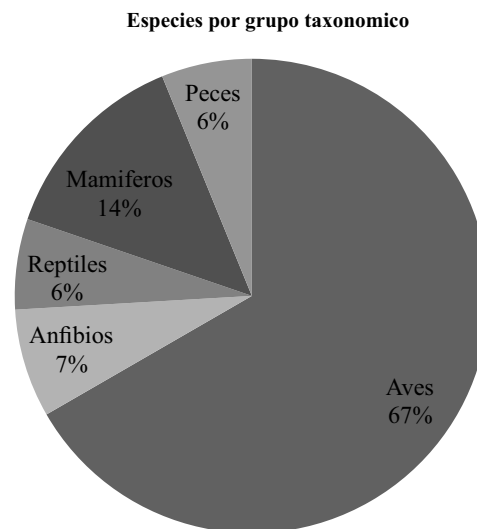


Figura 2. División porcentual de grupos taxonómicos encontrados en la investigación.

Aves: Las aves son el grupo biológico de vertebrados, más conocidos en estos últimos tiempos mediante amplios estudios, debido a que son muy representativas en el planeta presentando la riqueza más alta en los estudios de biodiversidad y muestran varios tipos de respuestas a las perturbaciones de su entorno (Stiles, 2000 y Lima, 1999). Ellas cumplen un papel importante como bioindicador del estado de conservación de una zona determinada como un bosque ripario, de galería o un rastrojo. De las especies más representativas que se pudo observar en la zona y áreas adyacentes por tener fuentes de alimentación en la zona fueron todo el grupo de aves cantoras como son las passeriformes, guacharacas (cracidos), psitácidos (loros), gallinazos (*Coragyps atratus*), guacamaya cariseca (*Ara severus*), lora Cabeciamarilla (*Amazona ochrocephala*) entre otros. Fueron registradas un total de 54 especies de aves.

El orden más representativo fue el orden de los passeriformes con 10 especies (Figura 3), coincidiendo con los reportes de Valencia, *et al.* (2005) para el departamento del Caquetá, debido a que los bosques satisfacen su alta demanda de alimentos que consisten en frutos, suplementada en cantidades variables de insectos; y estas a su vez son indicadoras de calidad de hábitat dado la gran dependencia que presentan estas poblaciones a la composición y estructura de la vegetación (Stiles y Rosselli 2010; McMulla *et al.* 2011).



Figura 3. Aves observadas mediante la metodología de puntos de observación.

Mamíferos: Se encontró un total de 11 mamíferos; el bajo número de especies hallado pudo estar asociado a dos razones, primero los procesos de deforestación ocasionados por la presión antrópica ha provocado una reacción en cadena de reducción considerable de algunas de las poblaciones de mamíferos ya que, si no hay bosque, no tienen sostén de supervivencia, en pocas palabras se está rompiendo el ecosistema, la segunda razón el grupo de investigación estuvo conformado por 25 estudiantes donde el ruido inevitable influye sobre el esfuerzo de muestreo. A pesar de las razones anteriormente expuestas y gracias a los métodos no invasivos utilizados se pudo registrar mediante trampas cámara y observaciones de primates como lo fueron: *Saimiri macrodon* (mono ardilla), guaras, armadillos y marsupiales como las chuchas coincidiendo con los reportes de Voss (2001) para bosques fragmentados (Figura 4).

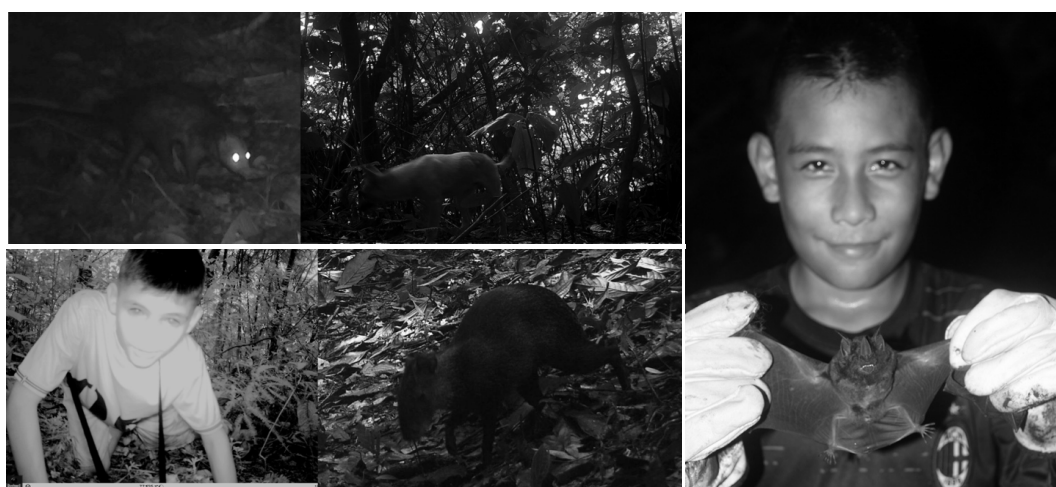


Figura 4. Mamíferos no voladores y voladores mediante técnicas como fototrampeo y búsqueda intensiva de huellas.

Reptiles: Los resultados encontrados fueron los primeros registros de anfibios y reptiles para la zona. El Papel que juegan los anfibios y reptiles en los bosques son los de regular las redes tróficas en los bosques, en el caso de los anfibios son los únicos vertebrados que tienen la capacidad de transportar energía del medio acuático al terrestre, ya que ocupamos el tercer puesto en biodiversidad de vertebrados y el tercero en anfibios. En la actualidad las poblaciones de anfibios y reptiles se ven afectadas por los diversos factores que afectan los ecosistemas, las presiones antrópicas tal como el calentamiento global y la pérdida de cobertura vegetal ocasionando pérdidas de cuerpos de agua en los cuales proliferan dichos organismos, fragmentación de hábitad y enfermedades propias de los organismos. Entre las especies de anfibios podemos encontrar los Sapos comunes (*Bufo* spp), las ranas de laguna (*Pristimantis*), ranas venenosas del género *Ameerega* y ranas café como lo son *Hypsiboas cinerascens*. Para reptiles se pueden encontrar serpientes venenosas como la o pelo de gato (*Bothrops atrox*), Talla X, corales (*Micrurus*) y otras no venenosas como el güio (*Boa constrictor*). Entre otros lagartos como son: *Anolis planiceps* y algunos gecónidos (Figura 5).



Figura 5. Especies de anfibios y reptiles registradas durante la investigación. De izquierda a derecha rana venenosa (*Ameerega* sp.), boa esmeralda (*Epicrates cenchria*), pelo de gato (*Bothrops atrox*), boa constrictor y rana de la familia Hylidae.

Peces: EL agua de la quebrada la oruga se caracterizó por ser de tipo clara de coloración transparente, con pH, ligeramente ácido y pobreza en nutrientes disueltos, la biota acuática tiene similaridad con la que habita en aguas negras. El muestreo arrojó especies de peces adaptadas a estas condiciones como son los Loricaridos (Cuchas) y las sardinas.

CONCLUSIONES

Los datos presentados en esta investigación corresponden al primer listado actualizado de biodiversidad faunística para el sur de la amazonia Caquetense donde se encontró un total de 81 especies registradas donde el grupo taxonómico con el mayor número de especies fue el de aves con 56 especies, seguido de los mamíferos y en último lugar anfibios, reptiles y peces. Esto se debe al

mayor número de especies y los hábitos de esta clase, que facilitan su visualización.

Con la implementación del proyecto de investigación se reemplazó la metodología tradicional dentro del aula de clase, utilizando herramientas tecnológicas (binoculares, trampa cámara, binoculares y termohigrómetros) como estrategias didácticas e innovadoras en el desarrollo de las actividades académicas con el fin de fortalecer los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales. Lo anterior, permitió a los estudiantes integrar los componentes del área de ciencias naturales mediante experiencias significativas con los inventarios de biodiversidad, fortalecer las competencias científicas, compartir información de manera didáctica y promover la exploración por el ecosistema de la región rural de san José de la fragua.

LITERATURA CITADA

AQUINO, R., et al. Mamíferos de la cuenca del Río Samiria, Ecología Poblacional y Sustentabilidad de la Caza. Junglevagt for Amazonas AIF-WWF/DK y Wildlife Conservation Society. Lima-Perú. 2001. Pp.116

BARNETT A, DUTTON J. Expedition Field Techniques: Small Mammals (excluding bats) 2nd edition. Royal Geographic Society IBG, London. 1995. Pp. 131

CARDOZO, A. El convite: una metodología alternativa para procesos participativos de desarrollo rural sostenible. En: Convirtiendo Portuguesa. Caracas: Editorial CENDI-PROGIS. 1997.Pp.134

CARVAJAL COGOLLO, J. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. Tropical Conservación Science. 2008. Vol. 1(4): Pp. 397-416.

CASTAÑO, J G. Inventario preliminar de aves y mamíferos presentes en fragmentos boscosos en el medio San Jorge, Departamento de Córdoba. Crónica Forestal y medio ambiente. Vol. 13. Número 1. Universidad Nacional de Colombia. 1998. Pp. 45

CASTAÑO MORA, O., et al. Libro rojo de reptiles de Colombia. Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional, Colombia.2002. Pp. 268

DEFLER, Thomas. Primates de Colombia. Conservación Internacional. Serie de guías tropicales de campo. Bogotá- Colombia. 2003. Pp. 456

DEFLER, Thomas. Historia natural de los primates Colombianos. Conservación Internacional. 2010. Pp. 456

DERUYTTERE., et al. Pueblos indígenas y desarrollo sostenible: el papel del Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C. En: Unidad de Pueblos Indígenas y Desarrollo Comunitario, Departamento de Desarrollo Sostenible.1997. Pp.45

- EMMONS, H.L. Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical. Editorial F.A.N. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia fragmentación. Conservation .1999. Pp.1124- 1139
- GALLO CAJIAO, IM. Fragmentos de bosque y conservación de aves: un estudio de caso en los Andes de Colombia. MEMORIAS: Manejo de Fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica. 2005. Pp.178
- GEILFUS, Frans. Ochenta herramientas para el desarrollo participativo. San Salvador: IICA. 1996. Pp.235
- GRAIPEL, Mauricio. A simple ground-based method for trapping small mammals in the forest canopy. Mastozoología Neotropical . 2003. Pp. 34
- HILTY ,S. Guía de las Aves de Colombia. Traducción al español por Humberto Álvarez López. American Bird Conservancy.2010. Pp.1030.
- JÁCOME NEGRETE, I. Etnoictiología Kichwa de las lagunas de la cuenca baja del río Curaray (Amazonia), Ecuador Biota Colombiana.2003. Pp. 45
- KELLY, MJ. Camera Trapping of Carnivores: Trap Success Among Camera Types and Across Species, and Habitat Selection by Species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. 2008.Pp. 249-262
- LIMA, MG.The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. Biological Conservation 91. 1999. Pp. 241-247
- MEN.Ministerio de Educación Nacional. Saber 3, 5 y 9: resultados nacionales 2009-2014. Bogotá: El Ministerio. 2015. 34 p.
- MCMULLAN, M., et al. Guía de campo de las aves de Colombia. Proaves. Colombia. 2011. Pp. 245
- RAMÍREZ, B., et al. Aporte al conocimiento y sostenibilidad del agroecosistema intervenido de la Amazonia colombiana. Universidad de la Amazonia.Colombia.2004. Pp. 45
- RENJIFO, L., et al. Libro Rojo De Aves De Investigación En Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia. 2002. Pp.506
- RODRÍGUEZ MAHECHA, J., et al. Loros, pericos y guacamayas neotropicales. Bogotá: Conservación Internacional Serie Libreta de Campo.2005. Pp.189
- SALAMAN, P., & DONEGAN, T. Listado de las Aves de Colombia 2008. Conservación Colombiana. 2009. Pp. 89
- SANCHEZ, L.R. Monitoreo comunitario de aves: un elemento fundamental en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad”, in Plumas de multitudes, integración comunitaria en el estudio y

monitoreo de aves en México, Ortega-Álvarez, R., L. SÁNCHEZ GONZÁLEZ & H. BERLANGA-GARCÍA. Eds. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2015. Pp. 13-22.

SILVER, S. Estimando la Abundancia de Jaguares Mediante Trampas-Cámara. W. C. Society. 2004. Pp. 34

SIMMONS, N B. The Mammals of Paracou, French Guiana: A Neotropical Lowland Rainforest Fauna, Part 1: bats. Bulletin of the American Museum of Natural History. 2010. Pp. 219

STILES BOHORQUEZ, C I. Evaluando el estado de la Biodiversidad: el caso de la avifauna de la serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. Caldasia. 2000. Pp. 61-92

STILES F. G. & ROSSELLI L. Inventario de aves de un bosque andino: Comparación de dos métodos. Caldasia. 2010. 1998. Pp. 29-43

VALENCIA, A., et al. Lista anotada de las aves de los humedales de la parte alta del departamento de Caquetá. 2005. Pp. 34

VOSS, L. The Mammals of Paracou, French Guiana : A Neotropical lowland Rainforest Fauna. Part 2. Nonvolant species Bulletin of The American Museum of Natural History. 2001. Pp. 236-266

USO VETERINARIO DE LA ERITROPOYETINA: ENTRE LA TERAPIA Y EL DOPING.

Veterinary use of erythropoietin: between therapy and doping.

Maureth Liney Peña Gonzalez¹, Martín Orlando Pulido Medellín² y Shirley Gigiola Cruz Rubio³

Artículo de Reflexión



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

- ¹Universidad de Boyacá, estudiante de pregrado
²Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Médico Veterinario, Mg en Ciencias Biológicas.
³Universidad de Boyacá, Bacteriólogo y Laboratorista clínico, Esp. en Hematología, Mg en Educación. GRIBAC, línea de investigación en Salud y bienestar integral.

Como citar:

PEÑA GONZALEZ, M. L., *et al.* Uso veterinario de la eritropoyetina: entre la terapia y el doping. En: Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio, 2019. Pp. 43-53. ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:

RESUMEN

La eritropoyetina es una hormona glicoproteica, utilizada como terapia biológica cuya función principal es la regulación del proceso de la eritropoyesis y la inhibición de la apoptosis, es usada también como método de dopaje al aumentar la masa eritroide lo cual mejora las capacidades físicas en competencia de los caballos de carrera. Sus adversos que van desde la formación de coágulos hasta la muerte del animal. La investigación, tuvo como objetivo describir las implicaciones de la eritropoyetina como terapia biológica y/o método de dopaje de caballos de carrera; que desarrollada mediante la búsqueda de artículos en revistas científicas y bases de datos como Elsevier, pubmed y scielo validando palabras claves en DeCS como altitud, caballos, doping, eritropoyetina e hipoxia, teniendo en cuenta criterios de inclusión como la vigencia en tiempo seleccionado y la exclusión de textos incompletos, obteniéndose como resultado la identificación de 80 artículos relacionados con los criterios de inclusión, de los que se seleccionaron los 40 más relevantes y finalmente se concluyó que la eritropoyetina es una hormona fundamental que induce al comienzo de la eritropoyesis, aumenta la masa eritrocitaria y mejora el transporte de oxígeno a los tejidos; de manera ilícita mejora el desempeño en competencia y expone al animal a efectos secundarios y al personal responsable con implicaciones éticas y legales.

Palabras claves:

Altitud; Caballos; Doping; Hipoxia.

ABSTRACT

Erythropoietin is a glycoprotein hormone, used as a biological therapy whose main function is the regulation of the erythropoiesis process and the inhibition of apoptosis. It is also used as a doping method which improves competitive physical capacities of race horses by the increasing of the erythroid mass. Its adverse effects ranging from clot formation to the death of the animal. The research was aimed to describe the implications of erythropoietin as biological therapy and / or method of doping of racehorses. It was developed by searching for articles in scientific journals and databases such as Elsevier, pubmed and scielo validating key words in DeCS such as altitude, horses, doping, erythropoietin and hypoxia. Moreover, the inclusion criteria such as validity in selected time and the exclusion of incomplete texts were taken into account. As a result, the 80 articles related to the inclusion criteria were identified, from which the 40 most relevant were selected. Finally, it was concluded that erythropoietin is a fundamental

hormone that induces the onset of erythropoiesis, increases erythrocyte mass and improves oxygen transportation to the tissues; besides, unlawfully, it improves competition performance, exposing the animal to side effects and the responsible personnel to ethical and legal implications.

Keys words:

Altitude; Doping; Horse; Hypoxia.

INTRODUCCIÓN

La eritropoyetina (EPO) es una hormona glicoproteica cuya función principal es la regulación del proceso de la eritropoyesis mediante el control de la proliferación, diferenciación y supervivencia de los progenitores eritroides. La EPO es usada como método de dopaje tanto en la medicina veterinaria como en la humana, que tiene como finalidad el aumento de la masa eritroide para una mayor captación de oxígeno, incrementando las capacidades físicas en competencia; sin embargo, la EPO se comporta como un factor de riesgo al ser administrada al animal y puede llegar a consecuencias muy graves o incluso la muerte (Aguilera, 1988). Por otra parte, también es usada como método terapéutico debido a sus múltiples funciones biológicas entre las cuales se encuentra la regulación de oxígeno para la función normal del organismo (Zanguña, Peralta y Cruz, 2016), el tratamiento para la anemia asociada con insuficiencia renal crónica, la protección de los tejidos a la isquemia entre otras.

La hipoxia se define como la disminución de los niveles de oxígeno disponible para las células del organismo, esto es debido a la exposición a alturas superiores de 1.700 m.s.n.m. con disminución de la presión parcial de O₂ en el aire y el subsecuente incremento en la eritropoyetina en circulación es considerado como un modelo bien estudiado y un paradigma de respuestas que involucran al organismo en su conjunto y pueden tener consecuencias diferentes en la salud y en la enfermedad. La hipoxia transitoria se produce mediante la realización de ejercicio o sepsis, y la hipoxia crónica se presenta por exposición a grandes alturas sobre el nivel del mar. Todo organismo vivo posee un mecanismo de homeostasis de oxígeno esencial para la producción de energía y supervivencia el cual es identificado como el factor inducible por hipoxia (HIF-1) que al activarse en disminución de oxígeno incrementa la expresión de genes específicos e induce cambios hormonales e incrementa la actividad enzimática (Caramelo *et al.*, 2006). Por esta razón el objetivo de esta revisión es describir las implicaciones de la eritropoyetina como terapia biológica y/o método de dopaje de caballos de carrera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los propósitos de la investigación, se realizó la revisión de artículos científicos en inglés y español en bases de datos y revistas científicas iberoamericanas y bases de datos como Elsevier, Pubmed y Scielo, validando palabras claves como altitud, caballos, doping, eritropoyetina e hipoxia en DeCS (Descriptores de Ciencias de la Salud) y MeSH. Se efectuó un análisis bibliométrico de los artículos encontrados para su clasificación por tema de interés, autores y fechas de publicación. Como criterios de inclusión se tuvo: artículos de los años 2014 a 2019 en los idiomas español e inglés, y como criterio de exclusión: artículos que se encuentre el texto incompleto. Se emplearon artículos de años anteriores como aporte a la historia del tema a tratar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalidades de Eritropoyetina

La EPO es una hormona glicoproteica considerada como el principal regulador fisiológico del proceso de maduración y diferenciación de los progenitores hematopoyéticos eritroides, está compuesta en el 70% de proteínas y 30% de carbohidratos, con 166 aminoácidos y peso molecular de 34-39 kilo Dalton (Kd) y circula en el plasma con una vida media de 7-8 horas (Caramelo et al., 2006). Se produce primariamente en las células peritubulares de la corteza renal, sin embargo, también se pueden producir pequeñas cantidades en los hepatocitos que rodean la vena hepática central y existen evidencias que tiene lugar a una pequeña contribución adicional por parte de los macrófagos de la médula ósea, los astrocitos, los ovarios y testículos (Bernal y Cruz, 2014; Burgos et al., 2004). Zanguña y colaboradores en 2016 evidencian que además del riñón, el hígado es el principal órgano productor de eritropoyetina en el feto.

Los primeros estudios sobre la EPO se centraron en los procesos que previenen la apoptosis de los precursores de los eritrocitos, especialmente en condiciones hipóxicas. Las células producen y secretan el factor inducible por la hipoxia (HIF-1), que es un complejo proteico y heterodímero relacionado con la transcripción que regula el incremento de genes específicos en presencia de bajas concentraciones de oxígeno (Bao *et al.*, 1999; Semenza, 2009).

La EPO también tiene un impacto en la diferenciación de las células neuronales y es esencial para el desarrollo neurológico normal (Rangarajan y Juul, 2014; Zhu *et al.*, 2009). En modelos animales, la EPO aumenta la proliferación de oligodendrocitos (Zhang *et al.*, 2010); además, tiene efectos neurotróficos, como la estimulación del recrecimiento axonal, la brotación dendrítica y la actividad eléctrica (Nekoui, *et al.*, 2015).

Por otro lado, la EPO puede desempeñar un papel importante en la trombocitopoyesis ya sea por inducir tanto la síntesis de ADN de los megacariocitos, como aumentar los procesos de formación citoplasmática y tener efecto sinérgico con la trombopoyetina para aumentar la proliferación de las unidades formadoras de megacariocitos (Broudy *et al.*, 1995).

La EPO aparte de tener un papel fundamental en la eritropoyesis, cumple otras funciones como el uso terapéutico ya que está disponible comercialmente como eritropoyetina humana recombinante (rhEPO). Su principal indicación es para pacientes con anemia asociada a insuficiencia renal crónica, además de forma ilícita es utilizada como agentes dopantes en humanos y animales principalmente en caballos (Geor y Weiss, 1993).

Eritropoyesis

La eritropoyesis es un proceso que involucra entre el 10 y el 30% de las células hematopoyéticas de la médula ósea, se realiza a partir de células madres pluripotentes mediante procesos complejos, inicialmente se originan las células progenitoras morfológicamente indiferenciadas dentro de las que se encuentran las unidades formadoras de brotes eritroides grandes y abundantes y las formadoras de colonias eritroides pequeñas y escasas y seguidamente a proeritroblastos y las células precursoras ya diferenciadas (Ashenden, 2000; Cabrera, 2009). La célula precursora inicial (proeritroblasto o pronormoblasto) realiza cuatro mitosis durante su proceso madurativo, durante el cual ocurre un

incremento progresivo de la concentración celular de hemoglobina (Bozzini, 1991).

A partir de cada proeritroblasto se producen 16 células maduras, el proeritroblasto y su progenie forman una "unidad eritropoyética" donde el normoblasto ortocromático pierde el núcleo y se transforma en 16 reticulocitos que ingresan como tales al torrente circulatorio; Finalmente, los reticulocitos se desarrollan entre 2-4 días y representan el estadio final de diferenciación de los eritrocitos maduros los cuales permanecerán en la sangre periférica por 120 días (Valdivia y Martínez, 2008; Márquez, Cruz y Vargas, 2018).

El contenido de hemoglobina reticulocitaria (CHr) es el marcador más directo de una adecuada síntesis de hemoglobina, la CHr también ha demostrado ser útil en la detección del doping por eritropoyetina o como un parámetro de control de terapia con eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO), utilizada principalmente en pacientes humanos y veterinarios con enfermedad renal crónica (Alonso, 2013;. Cardenas, 2003).

Hipoxia

La medicina a diferentes altitudes tiene gran relevancia en el campo humano como en el veterinario, ya que es importante conocer cómo influye la variación de la presión atmosférica a diferentes altitudes sobre el nivel del mar y sobre el organismo de los animales, en este caso los equinos. Varios aspectos del medio ambiente varían a medida que la altitud aumenta o disminuye, como la presión barométrica o también conocida como la presión atmosférica, la presión parcial de oxígeno, la temperatura y la alimentación entre otras (Maxwell y Salnikow, 2004). Cuando existe una disminución de los aspectos anteriormente mencionados se genera hipoxia en el organismo, la cual incluye mecanismos como la modificación en la expresión enzimática fundamentalmente un tipo especial de prolin hidroxilasas y el peróxido de hidrógeno que en condiciones de normoxia inducen la degradación de factor inducible por hipoxia HIF-1 α las cuales se adaptan en la producción de energía frente a una menor disponibilidad de oxígeno (Imraya, Wrightb y Subudhie, 2010).

La hipoxia desencadena una serie de señales que inducen la producción de EPO y su incremento sérico; esta hormona llegará a la médula ósea mediante la circulación sanguínea para estimular las células madre pluripotenciales y dar inicio al proceso de maduración eritroide con la intervención del hierro, la vitamina B12 el ácido fólico que se refleja directamente en el aumento de la masa eritroide para luego captar más oxígeno (Cabrera, 2009).

La regulación de la producción de la EPO se realiza con base en los cambios de las variaciones del oxígeno por la adaptación celular a la hipoxia de los factores inducibles por la hipoxia (HIF-1 y HIF-2) que tiene como función incrementar la transcripción de genes cuyos productos son proteínas que participan en los procesos de angiogénesis, eritropoyesis, proliferación celular, remodelación vascular y metabolismo energético, siendo los responsables de regular el oxígeno (Aguirre, 2013; Pérez *et al.*, 1997).

Fisiología del ejercicio en el caballo de resistencia.

Los estudios de las últimas décadas han demostrado un considerable avance en el conocimiento científico acerca de la adaptación fisiológica del atleta equino al ejercicio. Los numerosos y variados trabajos en los que ha sido posible caracterizar los cambios fisiológicos y bioquímicos en caballos

han sido observados posteriormente a competencias de velocidad, cabalgatas de resistencia, competencias de polo, de trote y salto. Lo obtenido luego de estos estudios ha demostrado que durante el ejercicio se producen diferentes cambios en la composición y distribución de los constituyentes del plasma que reflejan el nivel de adaptación cardiorrespiratoria y metabólica, destinados a lograr un adecuado aporte de oxígeno a los tejidos, favorecer la remoción de los productos metabólicos de desecho y facilitar la pérdida de calor generado por el aumento de la actividad muscular (Martínez, 1989; Bergero, *et al.*, 2005).

Estos cambios presentan una limitada relación con la intensidad del trabajo realizado, la velocidad desarrollada, el tiempo de ejercicio y el nivel de entrenamiento; por lo anterior, el conocimiento adecuado de los fenómenos involucrados en la adaptación fisiológica y bioquímica al ejercicio proporciona las bases para aumentar el manejo de los programas de entrenamiento, la evaluación de la mejora del potencial y facilitar la comprensión de los procesos patológicos derivados del ejercicio (Essén, Gottlieb y Lindholm, 1999; Marlin, 1999).

Debido al prolongado tiempo en carrera, los fenómenos fisiológicos se producen en magnitud única, lo que hace que la competición deportiva genere mayor exigencia metabólica para el caballo. Durante la carrera deportiva el caballo realiza un gran número de contracciones musculares, esto causa que se aumente el metabolismo ya que al ser tan prolongado el tiempo en competencia, se induce a un consumo energético intenso, esto da lugar a la depleción grave de sustratos metabólicos desencadenando fatiga central y periférica (Foreman, 1998; Castejón, *et al.*, 2006).

Doping

El dopaje o doping es el consumo o utilización de sustancias y fármacos prohibidos destinados a aumentar las capacidades físicas de humanos y animales con el fin de alterar los resultados de las competiciones en las que participan. Una característica del doping es conseguir una recuperación rápida durante y después de la competición o por el contrario para disminuir el rendimiento por lo que se ven involucrados fines lucrativos, reconocimientos nacionales o internacionales (Rodríguez *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009). La necesidad del control antidopaje surgió debido al uso desmesurado de sustancias o fármacos que generaron en el caso de los humanos el fallecimiento de varios deportistas. No obstante, los primeros controles analíticos durante competición se realizaron en caballos de carreras en 1910 (Jausaund, Audran y Gareau, 1994; Tozaki *et al.*, 2019).

Los valores séricos de EPO endógena en caballos atletas como menciona Burgos-Delgadillo (2004) depende de múltiples variables como son las condiciones nutricionales o ambientales, razas, el grado de ejercicio, altura sobre el nivel del mar en la cual vive y entrena el animal, edad, sexo y el fin zootécnico, entre otras; para yeguas de salto, en la Ciudad de México, se establecieron los siguientes rangos de referencia Pre púberes: 5,3-7,9 U/L, púberes: 4,5-7,3 U/L y adultas: 6,5-8,3 U/L; la variedad biológica referida en la literatura es de 0 a 9 U/L según Jausaund P. (1994), por lo anterior valores superiores a este dato con evidente eritrocitosis se puede considerar como un signo de doping por EPO o rHuEPO (Joré *et al.*, 2017).

La identificación de las moléculas de EPO en suero y orina ha llevado a refinar las estrategias de doping en humanos y animales, Teruaki Tozaki (2019), reporta la implementación de la biología molecular y la genética con el desarrollo del Transgen eritropoyetina, el cual puede ser detectado por

PCR digital droplet, estas estrategias buscan principalmente evadir los controles tradicionales de dopaje (LA CONFERENCIA Mundial sobre el dopaje de Lausana resume su programa en seis puntos [Anónimo]). Las técnicas implementadas para la detección de doping relacionada con EPO y Activador del receptor de la eritropoyesis, epoetin alpha, betha, epoetin delta, darbe poetinalpha son ELISA, Cromatografía líquida y espectrometría de masas de alta resolución según lo reportado por Joré *et al.* (2017). Las normativas internacionales surgen de la Federación Ecuestre Internacional (FEI) la única autoridad de control de todos los eventos internacionales en las competencias de caballos (FragkakI *et al.*, 2017; Spanoudes y Diakakis, 2015).

Veterinarios, atletas, caballerizos, propietarios, gerentes, funcionarios y nuestras Federaciones Nacionales, estarán al pendiente de ayudar a combatir el dopaje equino y el uso inapropiado de sustancias prohibidas en competencias deportivas (Anderson, 2005). Según la FEI se da a conocer el listado de las sustancias más utilizadas para el dopaje en equinos y las categorías en las que se pueden dividir (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de las sustancias más utilizadas en el dopaje en equinos.

Tipos de sustancias	Sitio de acción
Sustancias capaces de actuar en uno de los sistemas del cuerpo.	Sistema nervioso, cardiovascular, respiratorio, digestivo, urinario, reproductivo, musculoesquelético, inmunológico, endocrino Antipiréticos Locales anestésicos y antiinflamatorios no esteroideos (AINE) para reducir la inflamación y alterar la percepción del dolor.
Sustancias capaces de cubrir síntomas de enfermedades o síndromes.	Analgesicos y sustancias antiinflamatorias Sustancias que afectan la coagulación sanguínea y diuréticos para cubrir los síntomas del ejercicio inducido pulmonar hemorragia Sustancias citotóxicas, antihistamínicos, anestésicos locales, relajantes musculares, estimulantes respiratorios, hormonas sexuales, agentes anabólicos y corticosteroides.

Fuente: Recuperado de Spanoudes (Κ. Σπανουδησ), Κ., & Diakakis (Ν.διακακησ), Ν. (2017). Equine doping: perceptions, adverse effects and Cyprus hippodrome case review for the years 2001-2010. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(1), 15-21.

Aspectos éticos

Hace falta la inclusión de cifras claras de uso en el país, datos relacionados específicamente con el contexto. Todos los veterinarios tienen un papel fundamental en el cual deben proteger no solo el bienestar de los animales bajo su cuidado, sino también la integridad de la profesión veterinaria, deben desempeñar un rol proactivo en la identificación y abordaje de problemas de bienestar, la investigación de métodos para reducir los deportes relacionados con las lesiones y en garantizar que el tratamiento de los atletas equinos se base en la evidencia y no en la economía (Anderson, 2009).

Los problemas éticos a los que se enfrentan los veterinarios constantemente incluyen problemas de confidencialidad, expectativas poco realistas de tratamiento, uso y abuso de medicamentos, y conflictos de deberes para con el caballo y su equipo al mando (Toutain, 2009).

Durante las competencias equinas los deberes y obligaciones de los veterinarios están definidas por los organismos de regulación como FEI y el Departamento de Ciencia y Bienestar Equina de la

British Horseracing Authority (BHA) quien establece los requisitos de experiencia y competencia de los veterinarios de hipódromo para estar presentes en los días de la carrera para asesorar, monitorear el equipo y trabajar con los veterinarios que brindan atención clínica (Anjali, *et al.*, 2012).

En la medicina veterinaria existe un dilema ético para los veterinarios cuyo derecho a tomar una decisión autónoma sobre el mejor tratamiento dirigido a maximizar los conflictos de bienestar a largo plazo con el derecho del propietario o entrenador a tomar decisiones autónomas sobre sus animales (Chan y Harris, 2011). El veterinario puede tener diferentes prioridades que el propietario o entrenador el veterinario asistente y/o socio según las consideraciones de viabilidad de la práctica (Mclean y McGreevy, 2010).

Consecuencias legales

Los códigos de conducta profesional, como los de RCVS y la Asociación Americana de Medicina Veterinaria (AVMA, por sus siglas en inglés) cumplen un papel muy importante en el establecimiento de sistemas para abordar dilemas éticos comunes que pueden *proteger a los profesionales de demandas inaceptables y presiones externas* de un competidor sobre las necesidades clínicas del caballo, esto significa que un animal no apto puede llegar a participar en una competencia e incluso ganar, tal vez en detrimento de su salud. Según la definición de doping el Código mundial antidopaje establece las normas y principios concretos antidopaje que deben seguir las organizaciones responsables de adoptar, aplicar y hacer cumplir las normas antidopaje en sus respectivas jurisdicciones. (Sánchez y Pérez, 2015).

Cuando existe la presencia y uso de una sustancia o método prohibido de dopaje en el metabolismo del animal, la portabilidad de dichas sustancias por parte del personal responsable, el incumplimiento a la realización de controles, en la ayuda conspiración y también la obstaculización y falsificación de los procedimientos de control de dopaje implican una suspensión de licencia federativa por un período de dos años, y multa de varios de miles de euros o dólares ya que se consideran como infracciones muy graves (Vid. y Casado, 2003).

La infracción por parte de un Deportista o de otra Persona de una norma antidopaje puede suponer alguna o varias de las consecuencias siguientes:

1. Anulación significa, la invalidación de los resultados de un Deportista en una Competición o Acontecimiento concreto, con todas las consecuencias resultantes, como la retirada de las medallas, los puntos y los premios.
2. Suspensión significa que se prohíbe al Deportista o a otra Persona durante un periodo de tiempo determinado o a perpetuidad, participar, en calidad alguna, en ninguna competición o actividad y obtener financiación.
3. Suspensión Provisional significa que se prohíbe temporalmente al Deportista u otra persona participar en cualquier Competición o actividad hasta que se dicte la decisión definitiva en el procedimiento sancionador regulado en el artículo 39.
4. Consecuencias económicas significa una sanción económica impuesta por una infracción de las normas antidopaje o con el objeto de resarcirse de los costes asociados a dicha infracción.
5. Divulgación o Información Pública significa la difusión o distribución de información al público general o a Personas no incluidas en el Personal autorizado a tener notificaciones previas de

acuerdo con el Artículo 14 del Código Mundial Antidopaje (Pérez, 2009).

CONCLUSIÓN

La EPO es una hormona importante que induce al comienzo de la eritropoyesis generando un aumento en la masa eritrocitaria que causa una mayor oxigenación a los tejidos. Es utilizada como doping en las carreras de caballos debido a sus efectos que alteran positivamente el rendimiento físico en competición y negativamente también conlleva a consecuencias graves como formación de coágulos o incluso la muerte en cuanto a la salud del caballo, así como las implicaciones legales, la anulación de premios, medallas o trofeos, la suspensión del deportista de la competencia y divulgación de información lo que conlleva al detrimento de los responsables encargados debido a su uso ilícito. Por esta razón se recomienda como medida lícita el entrenamiento a niveles mayores de 2.000 m.s.n.m. y así no se acarrearán consecuencias negativas para la salud del animal ni del responsable a cargo.

LITERATURA CITADA

AGUILERA, JC. Eritropoyetina humana recombinante. Biseden. Vol. 7. 1988. Pp. 5-10.

AGUIRRE, E. Influencia de la hipoxia sobre el metabolismo óseo. Rol central del factor inducible por hipoxia. *An Fac med.* 2013;74(4):321-5.

ALONSO, M. Índices Reticulocitarios: Fracción inmadura de reticulocitos (FIR), Contenido de Hemoglobina de Reticulocitos (CHr). *Hematología*, Vol. 17 N° 1. 2013. Pp. 67-69.

ANDERSON, L. Writing a new code of ethics for sports physicians: Principles and challenges *British Journal of Sports Medicine*, 43 (2009), Pp. 1079-1082.

ANDERSON, D. Gerrard Ethical issues concerning New Zealand sports doctors. *Journal of Medical Ethics*, 31. 2005. Pp. 88-92.

ANJALI, M., MURTHY, M., JAMES, P., & JOSEPH, A. Ethics in Sports Medicine. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases* 2012. 70(1):56-9.

ANÓNIMO. La Conferencia Mundial sobre el dopaje de Lausana resume su programa en seis puntos. 1999. {En línea}. {10 de Noviembre de 2019} Disponible en: <https://cutt.ly/ayE10qw>

ANÓNIMO. Veterinary Regulations. *Federacion Ecuestre Internacional*. 2009. {En línea}. {12 de Noviembre de 2019} Disponible en: <https://www.fei.org/>

ASHENDEN, M., DOBSON, P., BOSTON, T., EMSLIE, K., TROUT, J., HAHN, A. Simulated moderate altitude elevates serum erythropoietin but does not increase reticulocyte production in well-trained runners. *Eur J Appl Physiol*. 2000. 81(5): Pp.428-35.

BAO, H., JACOBS-HELBER, S., LAWSON, A., PENTA, K., WICKREMA, A., & SAWYER, S. Protein kinase B (c-Akt), phosphatidylinositol 3-kinase, and STAT5 are activated by erythropoietin (EPO) in HCD57 erythroid cells but are constitutively active in an EPO-independent, apoptosis-resistant subclone (HCD57-SREI cells). *Blood*. 93(11). 1999. Pp.3757-73. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/GyEkT3r>

BERGERO, D., ASSENZA, A., SCHIAVONE, A., PICCIONE, G., PERONA, G., & CAOLA, G. Amino Acid concentrations in blood serum of horses performing long lasting low-intensity exercise. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2005; 89(3-6)(146-50.)

BERNAL, Martha., & CRUZ, Shirley. Interacción fisiológica de la hormona eritropoyetina, relacionada con el ejercicio físico en altitud moderada y alta. *Revista Investig. Salud Univ. Boyacá.* 2014; 1(1) Pp. 73 – 96. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/oyEj32h>

BOZZINI, C. Regulación de la eritropoyesis en roedores con policitemia inducida por hipertransfusión o por exposición crónica a hipobaría. tesis doctoral. Buenos aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias exactas y naturales. Report No.: 2432. 1991.

BROUDY, V., LIN, N., & KAUSHANSKY, K. Thrombopoietin (c.mpl ligand) acts synergistically with erythropoietin, stem cell factor and IL-11 to enhance murine megakaryocytic colony growth and increases megakaryocytic ploidy in vitro. *Blood* 1995; 85: 1719. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/VyElhNn>

BURGOS, Juan., VILLAGRÁN, Carlos., NAVARRO, Jaime., & CORTÉS, Felipe. Caracterización de la concentración de eritropoyetina (EPO) en suero sanguíneo de yeguas de salto, en la Ciudad de México, D.F. *Rev Sanid Milit Mex.* 2004. 58(4). Pp. 342-348. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/ZyEkaEe>

CABRERA GARCÍA. Eritropoyetina: revisión de indicaciones. *Inf Ter Sist Nac salud.* 2009;33. Pp. 3-9.

CARAMELO, Carlos., PEÑA, Juan., CASTILLA, Angeles., JUSTO, Soledad., DE SOLIS, Alain., NERIA, Fernando., PEÑATE, Silvia., & GONZALEZ, Francisco. Respuesta a la hipoxia un mecanismo sistémico basado en el control de la expresión génica medicina. Buenos Aires; 66. 2006. Pp. 155-164. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/iyEj1Yv>

CARDENAS, G. Fisiología de las grandes alturas. 2003. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/iyElmnm>

CASTEJÓN, F., TRIGO, P., MUÑOZ, A., & RIBER, C. Uric acid responses to endurance racing and relationships with performance, plasma biochemistry and metabolic alterations. *Equine Vet. J.* 2006; 36. Pp. 70-73.

CHAN, S., & HARRIS, J. Human animals and nonhuman persons T.L. Beauchamp, R.G. Frey (Eds.), *The Oxford Handbook of Animal Ethics*, OUP, Oxford. 2011. Pp. 320-321.

CRUZ, L., GÁLVEZ, J., GUILLERMO, P., & ENCINAS, M^a. Dopaje en veterinaria II: caballos y perros. *RCCV. VOL. 3 (2).* 2009

ESSÉN, B., GOTTLIEB-VEDI, M., & LINDHOLM, A. Muscle adenine nucleotide degradation during submaximal treadmill exercise to fatigue. *Equine Vet J.* 1999; (30). Pp. 298-302.

FOREMAN, J.H. The exhausted horse syndrome. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 1998; 14: Pp. 205-219).

FRAGKAKI, A., KIOUKIA-FOUGIA, N., & KIOUSI, M. Challenges in detecting substances for equine anti-doping. *Drug Test. Analysis.* 2017. 9, Pp. 1291–1303.

GEOR, R., & WEISS, D. Drugs affecting the hematologic system of the performance horse. *Vet Clin North*

Am. 1993; 649-667

IMRAYA, C., WRIGHTB, A., & SUBUDHIE, A. Roach R. Acute Mountain Sickness: pathophysiology, prevention, and treatment. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2010;52(6): Pp. 467-484.

JAUSSAUND, P., AUDRAN, M., & GAREAU. Kinetics and hematological effects of erythropoietin in horses. *Vet Res* 1994; 25: Pp. 566-73.

JORÉ, C., LOUP, B., GARCIA, P., PARIS, A., POPOT, M., et al. Liquid chromatography – high resolution mass spectrometry-based metabolomic approach for the detection of Continuous Erythropoiesis Receptor Activator effects in horse doping control. *Journal of Chromatography A*. 2017; 1521. Pp. 90-99

MARLIN, D.J., SCOTT, C.M., SCHROTER, R.C., HARRIS, R.C., HARRIS, P.A., ROBERTS, C.A., & MILLS, P.C. Physiological responses of horses to a treadmill simulated speed and endurance test in high heat and humidity before and after humid heat acclimation. *Equine Vet. J.* 1999; 31(1). Pp. 31-42.

MÁRQUEZ, Y., CRUZ, S., & VARGAS, D. Hemoglobina de reticulocito y su importancia en el diagnóstico temprano de anemia ferropénica. *Univ. Salud*. 2018;20(3): Pp. 292-303.

MARTÍNEZ, R. Bases fisiológicas para el manejo hípico del equino F.S.C. *Monografías de Medicina Veterinaria*. 1989; Vol. 11(Núm 2.)

MAXWELL, P., & SALNIKOW, K. HIF-1: an oxygen and metal responsive transcription factor. *Cancer Biol Ther* 2004; 3: Pp. 29-35.

MCLEAN, A., & MCGREEVY, P. Ethical equitation: Capping the price horses pay for human glory. *Journal of Veterinary Behavior*, Vol 5, No 4, 2010.

NEKOU, Alireza., ESCALANTE, Violeta Del Carmen., ABDOLMOHAMMADI, Sadegh., SHEDID, Daniel., & BLAISE, Gilbert. Neuroprotective Effect of Erythropoietin in Postoperation Cervical Spinal Cord Injury: Case Report and Review. *Anesth Pain Med*, 2015. 5(6): p.e28849. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/wyElqmH>

PÉREZ FERRER, F. “El delito de dopaje: una aproximación al artículo 361 bis del código penal español”. *Revista de derecho del deporte*, nº7. 2009. Pp. 41.

PÉREZ, M., GARCÍA, M., CABEZAS, M., GUZMÁN, M., MERINO, B., VALENZUELA, B., & GONZÁLEZ. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Arch. med. vet.*, 1997, vol. 29, no.2, Pp. 221-234.

RANGARAJAN, V., & JUUL, S. Erythropoietin: emerging role of erythropoietin in neonatal neuroprotection. *Pediatr Neurol*, 2014. 51(4): Pp. 481-8.

RODRÍGUEZ, M., FRAGÍO, C., JÜTTNER, C., & GONZÁLEZ, M. El dopaje-doping en caballos de competición. Consejo General de Colegios Veterinarios de España. 2004.

SÁNCHEZ MARTÍN, L., & PÉREZ GUERRA, R. El derecho administrativo sancionador en materia de deporte: especial referencia al dopaje deportivo. Tesis de grado. Universidad de Almería, Facultad de derecho; 2015.

SEMENZA, G. Regulation of oxygen homeostasis by hypoxia-inducible factor 1. *Physiology* (Bethesda), 2009. 24: p. 97-106. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/eyEkIQu>

SPANOUDES, K., & DIAKAKIS, N. Equine doping: perceptions, adverse effects and Cyprus hippodrome case review for the years 2001-2010. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2015. Vol. 66(66(1), Pp. 15-21

TOUTAIN, L. Veterinary medicines and competition animals: The question of medication versus doping control. *Handbook of Experimental Pharmacology*. 2010. Pp. 315-339.

TOZAKI, T., OHNUMA, A., TAKASU, M., & KIKUCHI, M., Droplet Digital PCR Detection of the Erythropoietin Transgene from Horse Plasma and Urine for Gene-Doping Control. *Genes*. 2019; 10((3), 243.

VALDIVIA, A., & MARTÍNEZ, G. Fundamentos del uso clínico de la eritropoyetina como neuroprotector. *Revista Cubana de Farmacia*. 2008: 42(2): Pp.1-6.

VID., & CASADO, E. *Las Sanciones Deportivas*. Ed. Bosch, Barcelona, 2003. Pp. 229 - 231.

ZANGUÑA, L., PERALTA, M., & CRUZ S. Eritropoyetina, hipoxia y mal de montaña. *Rev.cienc. biomed*; 7(2). 2016. Pp. 265-273.

ZHANG, L., CHOPP, M., ZHANG, R., WANG, L., ZHANG, J., WANG, Y., TOH, Y., SANTRA, M., LU, M., & ZHANG, Z. Erythropoietin amplifies stroke-induced oligodendrogenesis in the rat. *PLoS One*, 2010. 5(6): p. e11016. {En línea}. Disponible en: <https://cutt.ly/lyEkBNW>

ZHU, C., KANG, W., XU, F., CHENG, X., ZHANG, Z., JIA, L., JI, L., GUO, X., XIONG, H., SIMBRUNER, G., BLOMGREN, K., & WANG, X. Erythropoietin improved neurologic outcomes in newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy. *Pediatrics*. 2009. 124(2): Pp. 218-26. {En línea}. Disponible en <https://cutt.ly/AyEkLBg>

CONSECUENCIAS DE LA DEGRADACIÓN DE PASTURAS SOBRE LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO

Consequences of the degradation of pastures on nitrogen fixation

Julio César Blanco Rodríguez^{1*}, Maria Antonia Montilla Rodríguez²
Carmen Silvia Roncedo³

Artículo de Reflexión



Recibido 21 de enero de 2019.
Aceptado 15 de marzo de 2019.

¹Médico Veterinario Zootecnista, Esp, MSc.
Profesor Universidad de la Amazonia, Líder
Semilleros SIEPSA y SIMCO. Líder grupo
GIPSA

²Médico Veterinario Zootecnista, MSc (c).
Profesor Universidad de la Amazonia. Líder
Semillero SIAA. Investigador grupo GIPSA

³Ingeniero Zootecnista, Mg. Profesor Universidad
Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía
y Zootecnia

Como citar:

BLANCO RODRÍGUEZ, J. C. *et al.*,
Consecuencias de la degradación de pasturas
sobre la fijación de nitrógeno. En: Revista
Facultad Ciencias Agropecuarias –
FAGROPEC. Universidad de la Amazonia,
Florencia – Caquetá. Volumen 11 enero-junio,
2019. Pp. 54-63. ISSN-Revista en Línea: 2539-
178X

*Autor para correspondencia:
mvzjulioblanco@gmail.com

RESUMEN

La degradación de pasturas es un problema de interés mundial que afecta la producción y la salud ecosistémica. Cada estado de degradación de pasturas, corresponde a un avance gradual en el deterioro de la relación entre el suelo, la planta, el bovino y el medio ambiente, convirtiendo la ganadería poco a poco en un foco de contaminación. Una de esas fuentes contaminantes corresponde a los GEI (Gases Efecto Invernadero) de los cuales, N₂O es el que presenta mayor potencial de calentamiento global; por esta razón, en el presente artículo se relacionan generalidades de la degradación de pasturas y su relación con la emisión de gases nitrogenados, entre los cuales se incluye el NH₃, N₂O y NO, a través de una revisión de documentos resultantes de diferentes investigaciones a nivel mundial, enfocados en la experiencia de los autores.

Palabras claves:

Degradación; Gases; Invernadero; Fijación de nitrógeno

ABSTRACT

Pasture degradation is a problem of global interest that affects production and ecosystem health. Each state of pasture degradation corresponds to a gradual advance in the soil, plant, bovine and the environmental deterioration, gradually turning livestock farming into a source of contamination. One of these polluting sources corresponds to the GHG (Greenhouse Gases) of which, N₂O is the one with the greatest potential for global warming; For this reason, this article relates generalities of pasture degradation to its relationship with the emission of nitrogen gases, including NH₃, N₂O and NO, through the review of documents of different worldwide investigations, focused on the authors' experience.

Key words:

Degradation; Gases; Greenhouse; nitrogen fixation

INTRODUCCIÓN

Una de las relaciones intrínsecas en los ecosistemas de pastura, corresponde al ciclo del N (servicio ecosistémico) y sus efectos frente a los valores de proteína (bien) en los subproductos de origen animal. Este aspecto hace que en ganadería el N sea considerado como el elemento más importante para el desarrollo de la vegetación después del agua y supone entre 1,5 y el 5% de la planta, por lo cual su deficiencia en los suelos hace de él uno de los elementos clave a nivel mineral para la producción animal (Escaso, Martínez y Planelló 2010).

Por tal razón, el metabolismo de N es un factor limitante en la síntesis de proteínas cuya cantidad y calidad presente en las plantas, los animales o productos de estos, es decisiva para determinar su utilidad como alimento (Castillo, Vecino U y Dixon 2011), ya que depende de la reducción del N₂ (nitrógeno atmosférico) por parte de microorganismos asociativos y su presencia en las plantas huésped y demás forrajeras utilizadas por los animales de pastoreo (Dubeux Jr. *et al.* 2014), que son empleadas por los microorganismos ruminales que sintetizan el nitrógeno y lo reciclan nuevamente hacia el rumen a través de la saliva. Posteriormente, la proteína degradable obtenida de los forrajes se metaboliza en el hígado a partir de aminoácidos que harán parte del tejido animal y la proteína de la leche (Church 1988), lo que determina la calidad del producto final que consume la población humana.

La necesidad de los microorganismos en la mayor parte del N se encuentra en el suelo como N orgánico (aminas, amidas, etc.), razón por la que la planta no puede absorberlo. De esta manera son importantes los procesos de mineralización que generalmente se regulan por microorganismos (fijación biológica de nitrógeno), cuya sucesión impacta sobre la fertilidad (Li *et al.* 2019) y por ende sobre la producción animal, lo que sustenta la importancia de comprender la relación entre el estado de las pasturas y la fijación de N.

Por lo anterior, el objetivo del presente artículo, es exteriorizar características generales de la fijación biológica de nitrógeno y su relación con las emisiones de GEI que pueden alterarse como consecuencia de la degradación de las pasturas.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación metódica de documentos resultado de investigación, relacionados con degradación de pasturas, fijación biológica de nitrógeno y emisiones nitrogenadas de GEI.

Como producto de la búsqueda de información, se seleccionaron 100 documentos relacionados con libros, tesis y artículos científicos en diferentes idiomas, utilizando las plataformas Scopus, Elsevier, Springer, Scielo, Redalyc, Google y Google Académico.

A partir de las publicaciones científicas revisadas, se encontró que 60 de ellas no fueron relevantes con el objetivo del producto esperado, por lo cual fueron excluidas, ya que el estudio buscó contrastar el conocimiento de los autores con las particularidades del tema, cuya importancia actual es notable, dada la repulsión que genera la producción bovina ante los movimientos ambientalistas mundiales, teniendo en cuenta la relación directa que existe entre esta actividad y la emisión de GEI; al igual que,

la correspondencia entre el establecimiento de pasturas y la deforestación, más aún cuando la degradación de pasturas se convierte en un generador de la eliminación de áreas de bosque.

Igualmente, se compararon otros autores como Barcellos (1986), Spain & Gualdrón (1991), Andrade- Lira, et al (2006), Blanco- Rodríguez (2010), Passos, et al (2015), Yao, et al (2016), entre otros, quienes han generado diferentes clasificaciones de estados de degradación, a fin de evidenciar si dichas categorías están asociadas con rangos o valores de emisiones de GEI nitrogenadas producto de las alteraciones de la fijación biológica de nitrógeno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Degradación de pasturas

Inicialmente, la degradación de pasturas se consideró por Spain & Gualdrón (1991), como una disminución en la productividad a causa de condiciones climáticas y edáficas a las que las mismas está siendo sometida. Sin embargo, autores como Según Macedo (2000), (Betancourt 2006), Escobar, et al (2001), Dias-Filho (2007) y Padilla, et al (2013) indican que la degradación de pasturas es una pérdida de productividad y de capacidad de recuperación natural de las plantas cultivadas para las actividades de pastoreo, que se ven reflejadas en una mala calidad de la cobertura con imposibilidad para sostener animales (capacidad de carga) y problemas posteriores como disminución notable de biomasa aérea, compactación y erosión, afectando los ciclos biogeoquímicos que se refleja en indicadores de fertilidad del suelo.

Lo anterior se sustenta lo obtenido por Ramírez y Seré (1990) quienes desarrollan un análisis sobre la implementación de *Brachiaria decumbens* en ganaderías de doble propósito en Caquetá y consideran que la infertilidad es una consecuencia de la degradación de pasturas al igual que la disminución en el nivel de proteína del forraje, cobertura de la gramínea, suelo descubierto y nivel de incidencia de salivazo. Sin embargo, Miles, et al (1998), afirman que la baja fertilidad del suelo es una causa de la degradación de pasturas mas no una consecuencia, pero Escobar et al (2001) aseveran que la infertilidad de los suelos es una consecuencia de la degradación de las pasturas por un sistema inadecuado de manejo lo cual coincide con los planteamientos de Ramírez y Seré (1990), Motta Macedo (2000), Betancourt, (2006), Escobar, et al (2001), Dias- Filho (2007), Padilla *et al.* (2013) y Yao, *et al.* (2016).

La degradación de pasturas es considerada un problema mundial (Holzner y Kriechbaum, 2001), que se atribuye a los pastos mejorados (Padilla et al, 2013). Sin embargo, Dias-Filho (2007) afirma que este inconveniente afecta principalmente las pasturas formadas en los diferentes ecosistemas de América Latina tropical, por lo cual se conocen avances al respecto en países como, Costa Rica (Betancourt 2006), Argentina (Roncedo 2007) y principalmente Brasil, donde autores como Nascimento Junior & Almeida, 2001), Serrao y Toledo (1990), Macedo y Zimmer (2000), Bonatto et al (2007) y Dias-Filho (2007) entre otros, donde se ha estudiado la degradación como un problema productivo con repercusiones ambientales.

Miles, et al (1998) Indicó que existe bastante información de tipo anecdótica sobre la degradación de pasturas, pero escasos datos científicos y afirman que se dispone de poca información sobre investigaciones referentes a pasturas de *Brachiaria* degradadas durante periodos largos, deduciendo

que se necesitan más estudios a cerca de procesos de degradación.

Fijación de nitrógeno en pasturas degradadas

La fijación de nitrógeno en las pasturas se puede dar de dos formas: la primera, mediante bacterias asociadas a especies de leguminosas (fijación simbiótica) y la segunda, a través de bacterias de vida libre (fijación asimbiótica) que habitan la rizosfera (Moreno y Galvis 2018) (Moreno y Galvis 2018). Sin embargo, puede existir otro tipo de fijación a través de las excreciones (heces y orina) que también incorporan el material consumido al suelo, tal y como lo afirman Hakala & Jauhiainen (2007) y Dubeux, *et al* (2014).

La fijación simbiótica se da a causa de la ausencia de interacciones microbianas al interior de las plantas, situación que las obliga a desarrollar rasgos para estimular y manipular las relaciones con los microorganismos (Revillini *et al.*, 2016). De esta forma, la planta excreta a través de las raíces ciertos factores de crecimiento (Devlin, 1982) o exudados que son detectados por las bacterias a través de quimiotaxis y les permite atravesar la punta de las vellosidades radicales, formando una curvatura o rizado (Garg y Renseigné 2007). Esto hace que cada bacteria atrapada en la bolsa del rizo invada vellosidades dañadas o rotas y puedan desarrollarse a lo largo de un filamento de infección en el tejido cortical hasta llegar al área inmediata de la endodermis (capa de células de la raíz) y al periciclo (tejido que rodea al cilindro vascular de la raíz) donde se producen divisiones celulares y el nódulo crece rápidamente, aumentando el volumen en dirección a la superficie de la raíz.

Esta actividad microbiológica, permite que el nitrógeno atmosférico o N_2 se reduzca a formas reactivas y biológicamente disponibles, pero su aprovechamiento por parte de las especies vegetales depende también de las condiciones de la pastura misma, de tal manera que factores como la humedad (Pajares y Bohannan, 2016) u otras condiciones ecológicas que determinan el tipo de suelo, pueden inhibir la actividad de la enzima nitrogenasa (Stone, Kan y Plante 2015) afectando la fijación biológica de nitrógeno. Por tal razón, las pasturas con avanzado estado de degradación, que presentan suelo compactado, manifiestan altas pérdidas de nitrógeno (Dias-Filho 2015).

Tal y como se observa en la figura 1, el nitrógeno es fijado al suelo en forma de NH_4 el cual luego es convertido en Nitrito (NO_2) y posteriormente a NO_3 . Sin embargo, el NO_3 que no puede lixivarse o absorberse, transformándose en N_2 a través de la desnitrificación por medio de bacterias del género *Nitrosoma*, *Pseudomonas* y *Nitrobacter*, generando N_2O como parte de un proceso químico obligado (Garzón y Cárdenas 2013). Estos se incorporan en la atmósfera como parte del ciclo natural. Es así, que gases como NH_3 , N_2O y NO , son emitidos a la atmósfera, de forma normal desde las pasturas como parte del ciclo del nitrógeno, considerados gases contaminantes de la atmósfera, pero en condiciones ideales, las cantidades emitidas son catalizadas en la estratósfera por procesos de fotodescomposición obteniéndose H , O_2 , N_2 , O_3 (Moreno 2016).

Teniendo en cuenta que la degradación de las pasturas no permite las condiciones ideales de emisión a la atmósfera, al convertirse en fuentes potenciales de N_2O (Dias-Filho 2015), es necesario que el ganadero reconozca que uno de sus aliados son las leguminosas, ya que al ser especies estrechamente relacionadas con la fijación biológica de nitrógeno, son importantes para la mitigación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) nitrogenados, pues su participación anual está entre 33 a 46 Tg (Teragramos) fijados de N_2 en el suelo, cantidad que posteriormente es reducida, asimilada por las

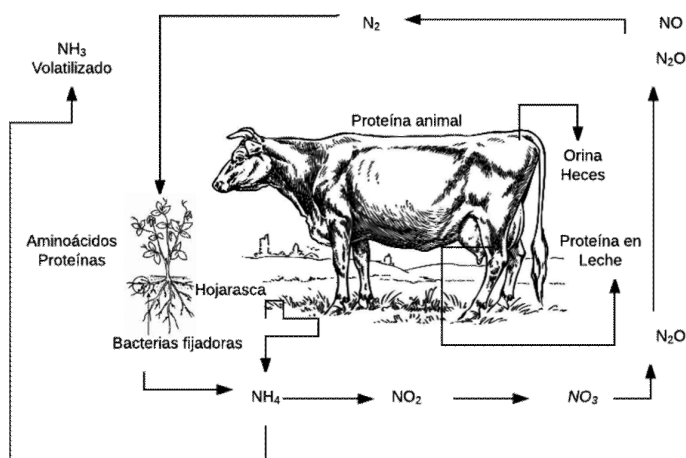


Figura 1. Ciclo de nitrógeno en pasturas.

plantas y transformada en compuestos orgánicos más complejos tales como aminoácidos y proteínas que serán consumidas en las pasturas donde se ha fijado (Jensen *et al.* 2012).

Igualmente, la pastura que se encuentra en estado de degradación avanzado y no cuenta con una presencia adecuada de leguminosas que fijen el nitrógeno en el suelo (Macharia *et al.* 2011), verá afectada la calidad nutricional de los forrajes y la carga animal, al igual que la cantidad y calidad de la leche producida. Esto se sustenta a través de autores como Njarui, *et al.* (2010) quienes indican que la asociación de gramíneas con leguminosas es importante para la producción de biomasa y calidad de la pastura o de investigadores como Cipagauta, Velásquez y Pulido (1998), que determinan incrementos en la producción de leche de hasta en 23% cuando hay leguminosas en la pastura, al ser comparadas con monocultivo de gramíneas.

Cabe aclarar, que las pasturas no están exentas de un proceso de degradación al tener leguminosas dentro de su cobertura, esto indica que el mal manejo no distingue especie vegetal. Es por esto, que una pastura degradada pierde hasta un 78% de la composición vegetal, lo que dificulta la fijación biológica de nitrógeno, afectando la producción y la salud ambiental.

Emisiones antropogénicas nitrogenadas en pasturas degradadas

Cuando se presenta el proceso de degradación de las pasturas, las condiciones se alteran por completo, por una pérdida de productividad, que según Macedo (2000), puede evidenciarse por la disminución de la capacidad de recuperación natural de la pastura para sustentar los niveles de producción exigidos por los animales (capacidad de carga). Esta condición permite que las especies vegetales asociadas con la fijación biológica de N_2 , se conviertan en un elemento importante dentro de la cobertura vegetal de la pastura para su recuperación, ya que Phelan *et al.* (2014) afirman que al presentar simbiosis con bacterias fijadoras de N , puede aumentarse la capacidad de producción de forraje, su calidad y por ende la producción animal, particularmente en áreas donde no se utilizan fertilizantes.

Sin embargo, en campo la realidad es otra, debido a que al degradarse la pastura la presión por pastoreo aumenta y se generan procesos de compactación del suelo, a causa de un pastoreo selectivo

con interferencia del ciclo del N (fijación biológica), que se genera al haber deposición irregular de heces y orina lo que incide directamente en agravar el proceso de degradación (Dias-Filho, 2007), ya que contienen cantidades importantes del elemento.

Saggar, et al (2013) afirman que aproximadamente 60 a 75% del N presente en la dieta se excreta en la orina y Pedraza (1986), indica que el N del estiércol corresponde en promedio al 17,8% de la materia seca ingerida por vacas lecheras. Así mismo, en pasturas activas, la alta deposición de orina y heces, particularmente en las áreas de descanso, bebederos, lugares de suministro de sales mineralizadas y caminos creados por las vacas, genera importantes pérdidas de nitrógeno debido a que estas superficies no poseen cobertura vegetal, al igual que sucede con extensiones de pastura que presentan altos niveles de compactación como consecuencia de un proceso avanzado de degradación (Dias-Filho, 2007)

Por otra parte, los ganaderos al desconocer la importancia de la fijación biológica de N_2 en las pasturas, se limitan a fertilizar inadecuadamente en algunos casos donde las condiciones económicas lo permiten omitiendo si es necesario o no hacerlo.

Esta situación aumenta la volatilización de NH_3 a la atmósfera como resultado de altas entradas de nitrógeno al ecosistema de pasturas, incrementando los niveles atmosféricos de N_2O y NO ya que es un predecesor de estos (Garzón & Cárdenas, 2013). El N_2O es un gas efecto invernadero bastante poderoso (Barneize *et al*, 2014) con un potencial de calentamiento global 298 veces mayor a la del dióxido de carbono (Solomon y Qin 2013). El NO es un gas tóxico, bastante estudiado por la medicina, debido a que regula funciones celulares como es el caso de la presión sanguínea (Centelles, Esteban y Imperial 2004), la hemodinámica vascular y algunas funciones hematológicas y de defensa (Ferrer-Viant *et al*, 1998). Por lo anterior, las actividades inadecuadas de producción y el mal uso de las pasturas son actualmente un motor de deterioro de la humanidad.

CONCLUSIONES

El nitrógeno como componente principal de las proteínas de las células es esencial en las pasturas para la alimentación bovina, pues se considera uno de los elementos principales de la dieta y de mayor costo; razón por la cual, la proteína de la leche como producto resultante, posee un incentivo importante en el mercado por parte de la agroindustria.

Pese a lo anterior, la gestión inadecuada de pasturas, conduce a un desbalance en el ciclo de este componente, generando emisiones de amoníaco (NH_3), óxido nitroso (N_2O) y óxido nítrico (NO), considerados gases contaminantes de la atmósfera, que se incrementan por la fertilización inadecuada en la producción ganadera y la alta deposición de orina y heces en áreas desnudas o compactadas por pastoreo selectivo, como consecuencia de la degradación de pasturas.

Finalmente, cabe resaltar que frente a la relación entre degradación de pasturas, fijación biológica de nitrógeno y sus efectos en las emisiones de GEI, no se evidenciaron datos que permitan indicar que existan investigaciones a través de las cuales se analicen valores de gases nitrogenados, producto del ciclo del nitrógeno en pasturas degradadas, razón por la cual, es necesario desarrollar estudios que evidencien detalladamente como este fenómeno causado por el mal manejo, afecta la salud

ambiental.

LITERATURA CITADA

ANDRADE- LIRA, M.D.E., VIRGINIA, M., DOS, F. y CARLOS, J., 2006. Sistemas de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. 43a Runiao anual da SBZ- Joao Pessoa - PB. S.l.: Revista Brasileira de Zootecnia, pp. 405-423.

BARCELLOS, A., 1986. Recuperacao de pastagens degradadas. 1986. Planaltina, Brasil: EMBRAPA y CPAC.

BARNEZE, A.S., MAZZETTO, A.M., ZANI, C.F., MISSELBROOK, T. y CERRI, C.C., 2014. Nitrous oxide emissions from soil due to urine deposition by grazing cattle in Brazil. Atmospheric Environment [en línea], vol. 92, pp. 394-397. ISSN 18732844. DOI 10.1016/j.atmosenv.2014.04.046. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.04.046>.

BETANCOURT, H., 2006. Evaluación bioeconómica del impacto de la degradación de pasturas en fincas ganaderas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala [en línea]. S.l.: CATIE. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2242E/A2242E.PDF>.

BLANCO- RODRÍGUEZ, J., 2010. Caracterización de estados de degradación de pasturas, definidos a partir de índices de vegetación. S.l.: Universidad Nacional de Colombia - Universidad de la Amazonia.

BLANCO-RODRÍGUEZ, JULIO CÉSAR; RODRÍGUEZ, L. C.H; MALAGÓN, R; TORRES, M.N., 2010. Characteristics recognition of pastures degradation at San Luis Farm Morelia- Caquetá - Colombia. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias [en línea], vol. 2, no. Enero-Junio 2010, pp. 3-12. Disponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ciencias-agropecuarias>.

CASTILLO, R., VECINO U, C. y DIXON, Y., 2011. Leguminosas nativas en áreas ganaderas de la isla de la juventud, Cuba. Avances en investigación agropecuaria, vol. 15, no. 2, pp. 13-27.

CENTELLES, J.J., ESTEBAN, C. y IMPERIAL, Y.S., 2004. Óxido nítrico. Ambito farmacéutico, vol. 23, pp. 96-102.

CHURCH, D., 1988. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Saragoza, España: Acribia.

CIPAGAUTA, M., VELÁSQUEZ, J. y PULIDO, J., 1998. Cipagauta et al, 1998.pdf. Pasturas Tropicales, vol. 20, no. 3, pp. 2-10.

DIAS-FILHO, MOACYR, B., 2007. DEGRADACAO DE PASTAGENS procesos, causas e estrategias de recuperacao. Terceira e. Belém do Pará: EMBRAPA. ISBN 85-87690-65-4.

DIAS-FILHO, M., 2015. DEGRADACAO DE PASTAGENS Processos, Causas e Estratégias de Recuperacao [en línea]. Cuarta edi. Belém do Pará: s.n. ISBN 978-85-911831-0-4. Disponible en: www.mbd.com.br.

DUBEUX JR., J.C.B., SOLLENBERGER, L.E., SILVA, H.M.S., SOUZA, T.C. de, MOZLEY III, E.L. y SANTOS, E.R.S., 2014. Nutrient Cycling in Tropical Pastures : What do we know ? Conference Paper, no. March 2016.

ESCASO, S., MARTÍNEZ, G.J. y PLANELLÓ, C.M., 2010. Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal. Madrid-España: Pearson education.

ESCOBAR, M., ESCOBAR, G. y RIPPSTEIN, G., 2001. Degradación de pasturas mejoradas por la presencia de especies no deseadas en Carimagua, Colombia. En: G. RIPPSTEIN, G. ESCOBAR y F. MOTTA (eds.), Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. 1. Cali, Colombia: CIAT, pp. 308. ISBN 9586940330.

FERRER-VIANT, D., JORGE-FONSECA, C., GARCÍA-RODRÍGUEZ, R., MARTÍNEZ-ANGLADA, P.F., 1998. Óxido nítrico. Importancia Biológica y participación en algunas funciones cardiovasculares y heatológicas. *Medisan*, vol. 2, no. 1, pp. 45-53.

GARG, N. y RENSEIGNÉ, N., 2007. Symbiotic nitrogen fixation in legume nodules : process and signaling . A review. *Agron. Sustain*, vol. 27, pp. 59-68. DOI <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2006030>.

GARZÓN, J.E. y CÁRDENAS, E.A., 2013. Emisiones Antropogénicas De Amoniacó , Nitratos Y Óxido Nitróso : Compuestos Nitrogenados Que Afectan El Medio Ambiente En El Sector Agropecuario Colombiano Anthropogenic Emissions of Ammonia , Nitrates and Nitrous Oxide : Nitrogen Compounds That Affect T. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, vol. 60, no. Ii, pp. 121-138.

HAKALA, K. y JAUHAINEN, L., 2007. Yield and nitrogen concentration of above- and below-ground biomasses of red clover cultivars in pure stands and in mixtures with three grass species in northern Europe. *Grass and Forage Science*, vol. 62, no. 3, pp. 312-321. ISSN 01425242. DOI 10.1111/j.1365-2494.2007.00585.x.

JENSEN, E.S., PEOPLES, M.B., BODDEY, R.M., GRESSHOFF, P.M., HENRIK, H.N., ALVES, B.J.R. y MORRISON, M.J., 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. S.l.: s.n. ISBN 1359301100.

LI, W., LIU, M., WU, M., JIANG, C., KUZYAKOV, Y., GAVRICHKOVA, O., FENG, Y., DONG, Y. y LI, Z., 2019. Bacterial community succession in paddy soil depending on rice fertilization. *Applied Soil Ecology* [en línea], vol. 144, no. 71, pp. 92-97. ISSN 09291393. DOI 10.1016/j.apsoil.2019.07.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.07.014>.

MACHARIA, P.N., GACHENE, C.K.K., MUREITHI, J.G., KINYAMARIO, J.I., EKAYA, W.N. y THURANIRA, E.G., 2011. The effect of introduced forage legumes on improvement of soil fertility in natural pastures of semi-arid rangelands of Kajiado District, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 221-227. ISSN 18700462. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703021>.

MILES, J.W., MAASS, B.L. Y DO VALLE, C.B., 1998. *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. S.l.: s.n.

MORENO, L. y GALVIS, F., 2018. Potencial biofertilizante de bacterias diazótropas aisladas de muestras de suelo rizosférico. *Pastos y Forrajes*, vol. 36, no. 1, pp. 33-37. ISSN 0864-0394.

MORENO, S.A., 2016. Química atmosférica de compuestos orgánicos volátiles oxigenados [en línea]. S.l.: Universidad de Castilla - La Mancha. Disponible en: [https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/10712/TESIS Moreno Sanroma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/10712/TESIS%20Moreno%20Sanroma.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

MOTTA MACEDO, M.C., 2000. A Integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. En: EMBRAPA (ed.), Nitrogenio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária. 1. Dourados: s.n., pp. 163.

NASCIMENTO JUNIOR; ALMEIDA, R., 2001. Degradação, recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas Degradação, recuperação e sustentabilidade de pastagens, pp. 1-17.

NJARUI, D.M., NJOKA, E., ABDULRAZAK, S. y MUREITHI, J., 2010. Effect of planting pattern of two herbaceous forage legumes in fodder grasses on productivity of grass/legume mixture in semi-arid tropical Kenya. Tropical and subtropical agroecosystems, vol. 7, pp. 73-85. DOI 10.4090/juee.2008.v2n2.033040.

PADILLA, C., SARDIÑAS, Y., FEBLES, G. y FRAGA, N., 2013. Estrategias para el control de la degradación en pastizales invadidos por *Sporobolus indicus* (L) R. Br. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 47, no. 2, pp. 113-117.

PAJARES, S. y BOHANNAN, B.J.M., 2016. Ecology of Nitrogen Fixing, Nitrifying, and Denitrifying Microorganisms in Tropical Forest Soils, vol. 7, no. July, pp. 1-20. DOI 10.3389/fmicb.2016.01045.

PASSOS, R.R., COSTA, L.M., BURAK, D.L. y SANTOS, D.A., 2015. Quality indices in degraded pasture in hilly relief. Semina: Ciências Agrárias, vol. 36, no. 4, pp. 2465-2482. ISSN 16790359. DOI 10.5433/1679-0359.2015v36n4p2465.

PEDRAZA, C., 1986. Manejo y propiedades del estiércol de lechería. IPA La Platina, no. 38, pp. 56-60.

PHELAN, P., MOLONEY, P., MCGEOUGH, E., HUMPHREYS, J., BERTILSSON, J., O'RIORDAN, E. y O'KLIELY, P., 2014. Forage Legumes for Grazing and Conserving in Ruminant Production Systems. Plant Sciences, vol. 34, no. October 29, pp. 282-315. DOI 10.1080/07352689.2014.898455.

REVILLINI, D., GEHRING, C.A., JOHNSON, N.C., REVILLINI, D., GEHRING, C.A. y JOHNSON, N.C., 2016. The role of locally adapted mycorrhizas and rhizobacteria in plant-soil feedback systems The role of locally adapted mycorrhizas and rhizobacteria in plant-soil feedback systems. Functional ecology, no. August, pp. 1-13. DOI 10.1111/1365-2435.12668.

RONCEDO, C.S.; H.E.P.C., 2007. Metodología para evaluar pasturas tropicales degradadas: Chloris Gayana Kunth CV. Común en la llanura deprimida de Tucumán, Argentina. Leales, Tucumán:

SAGGAR, S., JHA, N., DESLIPPE, J., BOLAN, N.S., LUO, J., GILTRAP, D.L., KIM, D.G., ZAMAN, M. y TILLMAN, R.W., 2013. Denitrification and N₂O: N₂ production in temperate grasslands: Processes, measurements, modelling and mitigating negative impacts. Science of the Total Environment [en línea], vol. 465, pp. 173-195. ISSN 00489697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2012.11.050. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.050>.

SOLOMON, S. y QIN, D., 2013. Climate Change 2007 The Physical Science Basis The. En: C. UNIVERSITY (ed.), Journal of Chemical Information and Modeling. 1. New York: Friesens, pp. 1689-1699. ISBN 9788578110796.

SPAIN, J.M. y GUALDRÓN, R., 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoques de la investigación. primera ed. Veracruz,

México: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), pp. 269-283. ISBN 9589183263.

STONE, M.M., KAN, J. y PLANTE, A.F., 2015. Parent material and vegetation influence bacterial community structure and nitrogen functional genes along deep tropical soil profiles at the Luquillo Critical Zone Observatory. *Soil Biology and Biochemistry* [en línea], vol. 80, no. 2015, pp. 273-282. ISSN 00380717. DOI 10.1016/j.soilbio.2014.10.019. Disponible en: www.elsevier.com/locate/soilbio%0AParent.

YAO, Z., ZHAO, C., YANG, K., LIU, W., LI, Y., YOU, J. y XIAO, J., 2016. Alpine grassland degradation in the Qilian Mountains, China - A case study in Damaying Grassland. *Catena* [en línea], vol. 137, pp. 494-500. ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2015.09.021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.021>.