

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X
DOI: 10.47847/fagropec

FAGROPEC

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

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



Contacto: rcagropecuarias@uniamazonia.edu.co

Página web OJS: <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec>

Esta publicación es apoyada por la:



© Universidad de la Amazonia 2021

FAGROPEC

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA-FLORENCIA-CAQUETÁ

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

DOI: 10.47847/fagropec

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 la medicina veterinaria, la zootecnia, la biología, la salud pública, la epidemiología, la agronomía, la agroecología, y demás ciencias animales y agrarias, ofreciendo un espacio de discusión académico, fundamental para la formación de profesionales críticos y analíticos.

Objetivo de la revista

La Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC), de la Universidad de la Amazonia, tiene como objetivo divulgar los avances del conocimiento técnico y científico, generados en las universidades, centros y entidades de investigación en áreas relacionadas con los sistemas de producción agropecuarios y la conservación natural, mediante la publicación semestral de un volumen digital con documentos en español, portugués o inglés.

La publicación está dirigida a estudiantes, profesionales y demás interesados en temas relacionados con la medicina veterinaria, la zootecnia, la biología, la salud pública, la epidemiología, la agronomía, la agroecología, y demás ciencias animales y agrarias, ofreciendo un espacio de discusión académico, fundamental para la formación de profesionales críticos y analíticos.

Áreas temáticas

Ciencias Agrarias
Ciencias Naturales y de la Conservación

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.

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

Licencia Creative Commons Atribución 4.0
Internacional (CC BY 4.0)





ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

DOI: 10.47847/fagropec

EQUIPO EDITORIAL

EDITOR GENERAL

Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.
Universidad de Nariño

COMITÉ EDITORIAL

Hugo Mantilla-Meluk, Ph.D.

Universidad del Quindío

Santiago Henao Villegas, Ph.D.

Universidad CES

Juan Fernando Naranjo, Ph.D.

Universidad CES

Francisco Alejandro Sánchez, Ph.D.

Universidad de los Llanos

Naudin Alejandro Hurtado Lugo, Ph.D.

Universidad Francisco de Paula Santander

COMITÉ DE ARBITRAJE

Diana Cristina Sanchez Arevalo, Esp.

Universidad de la Amazonia

Maria Fernanda Patiño Quiroz, Mg.

Universidad de los Llanos

Faver Alvarez Carrillo, Ph.D.

Universidad de la Amazonia

César Villamizar Quiñones, Mg.

Universidad de Pamplona

Carlos Alberto Gomez Cano, Mg.

Corporación Unificada de Educación Superior -CUN

Eduardo Gabriel Osorio Sánchez, Ph.D.

Universidad Francisco de Paula Santander

Luis Gabriel Rivera Calderon, Ph.D.

Universidad Antonio Nariño

Yury Tatiana Granja-Salcedo, Ph.D.

AGROSAVIA - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Giovanni M. Baez Sandoval, Ph.D.

Universidad Francisco de Paula Santander

Alexander Velásquez Valencia, Ph.D.

Universidad de la Amazonia

Jair Pérez Osorio, Ph.D.

Universidad de la Salle

Angel Alberto Florez Muñoz, Mg.

Universidad de Santander

Jhon Jairo Bustamante Cano, Ph.D.

Universidad de Pamplona

Juan Pablo Parra Herrera, Ph.D.

Secretaría Educación Departamental Caquetá

Cesar Augusto Serrano Novoa, Ph.D.

Universidad CES

EQUIPO DE APOYO EDITORIAL

Alba Cristina Espinosa, Mg

Universidad de la Amazonia

Beatriz Elena Patiño Quiroz, Mg.

Universidad de la Amazonia

Hernan Eduardo Ocañan Martinez, Mg.

Universidad de la Amazonia

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Yeison Julián Penagos, Biólogo.
Editorial Universidad de la Amazonia

IMAGEN PORTADA

Paisaje inundable, sobre la vía al municipio Valparaiso, Caquetá.
Fotografía por: Julian Penagos Garcia

TABLA DE CONTENIDO

Nota del editor

Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.

Página

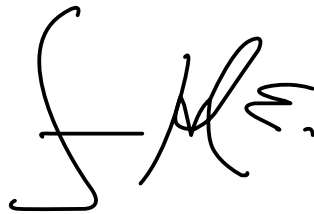
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

- ANÁLISIS DEL USO DE FITOFÁRMACOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINAL EN LOS CAPRINOS** 87-99
Jeimy Estefanny Sayago Velásquez; Blanca Liliana Velásquez Carrascal; Johann Fernando Hoyos Patiño y Liliana Natalia Sayago Velasquez
- EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE CARCASAS DE POLLO Y AMBIENTES DE CENTROS DE FAENAMIENTO, EN UNA PROVINCIA DE LA AMAZONÍA PERUANA** 100-113
Cyndi Tatiana Cabrera Marino; Juan Alexander Rondón Espinoza; Nidia Llapapasca García; Lluvis Lucero Germany Grandez y Manuel de la Torre Villanueva
- ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffea arábica* L.) VARIEDAD CASTILLO® EN NARIÑO** 114-128
Johanna Alixa Muñoz-Belalcázar; Carlos Andrés Benavides-Cardona; Tulio César Lagos-Burbano y Jorge Fernando Navia Estrada
- HEMOPARÁSITOS EN PRIMATES NEOTROPICALES DE RELEVANCIA CLÍNICA POR SU RIESGO ZONÓTICO** 129-145
Yenifer Marcela Salinas-Vargas; Juan Pablo Parra-Herrera y Edgar Martínez Moyano
- EVALUACIÓN DE PARÁMETROS OCULARES MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN CABALLOS CRIOLLOS COLOMBIANOS** 146-155
Renso Sneider Gallego Rodríguez; Jesika Leysner Tavera y Juan Diego Zuleta Villa
- ## ARTÍCULOS DE REVISIÓN
- GANADERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SILVOPASTORIL** 156-168
Beatriz Patiño Quiroz; Geovanna Isabel Muñoz Ortega; Nicolás Ernesto Baldrich Romero y Carlos Arbey Martínez Ortega
- HIPERPLASIA ENDOMETRIAL PSEUDO-PLACENTACIONAL EN LA PERRA: UNA REVISIÓN SUCINTA** 169-173
Alfonso Eduardo Sánchez Riquelme



NOTA DEL EDITOR

Ph.D. Jorge Fernando Navia Estrada
Editor general

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters that appear to be 'JFN'.

Ph.D. JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA
Editor General

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

DOI: 10.47847/fagropec

**ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

DOI: 10.47847/fagropec

Volumen 13 Número 2 Julio-Diciembre 2021



ANÁLISIS DEL USO DE FITOFÁRMACOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINAL EN LOS CAPRINOS

Analysis of the use of phytopharmaceuticals for the control of gastrointestinal nematodes in goats

 **Jeimy Estefanny Sayago Velásquez¹**

E-mail: sayagotefi2903@gmail.com

 **Blanca Liliana Velásquez Carrascal^{2*}**

E-mail: blvelasquezc@ufpso.edu.co

 **Johann Fernando Hoyos Patiño³**

E-mail: jfhoyosp@ufpso.edu.co

 **Liliana Natalia Sayago Velasquez⁴**

E-mail: velasquezmati29@gmail.com

¹Estudiante de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Universidad de Santander UDES.

²Administrador Financiero, Esp, Mg. Profesora Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.

³Zootecnista, Esp, Msc. Profesor Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña

⁴Estudiante de Administración Financiera, Universidad de Santander UDES,

Fecha recepción: 02 de febrero de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

En Colombia, los sistemas de producción caprinos (SP) juegan un papel importante en la economía; ello, en tanto se evidencia que en algunos departamentos y zonas rurales del país se trabaja con grandes cantidades de producción, no solo de carne, sino también de leche proveniente de esta especie animal. Por otra parte, se reconoce el aporte de dichos sistemas de producción a la cultura y a la tradición gastronómica de algunos sectores del país. Teniendo en cuenta esta información, en este estudio, mediante una metodología de revisión documental y bibliográfica, se presenta el resultado de los análisis realizados alrededor del uso de fitofármacos, para el control de nematodos gastrointestinales, contribuyendo con ello a la posibilidad de una mejora en la nutrición y el bienestar de los SP caprinos, lo que a su vez proporcione parámetros de calidad y aumento de ingresos en los productores de las regiones de Colombia, en las cuales se hacen cada vez más evidente la presencia de dichos sistemas de producción SP.

Palabras claves.

Homeopatía, medicina tradicional, parasitología, planta medicinal, UNESCO.

ABSTRACT

In Colombia, the goat production systems (PS) play an important role in the economy since it is evident that in some departments and rural areas of the country they work with large quantities, producing not only meat but also milk of this animal species. On the other hand, its contribution to the culture and gastronomic tradition of some sectors of the country is recognized. This is why the use of phytopharmaceuticals for the control of gastrointestinal nematodes is analyzed through a methodology of documentary and bibliographic review. This is seen as contributing to an improvement of the

Cómo citar:

Sayago Velásquez, J. E., Velásquez Carrascal, B. L., Hoyos Patiño, J. F., & Sayago Velásquez, L. N. (2021). Análisis del uso de fitofármacos para el control de nematodos gastrointestinal en los caprinos. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 87-99. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a1>



nutrition and well-being of goat PS, which provide the quality parameters and increased income for producers in the Colombian regions where this PS is becoming stronger.

Key words

Homeopathy, traditional medicine, parasitology, medicinal plants, UNESCO.

INTRODUCCIÓN

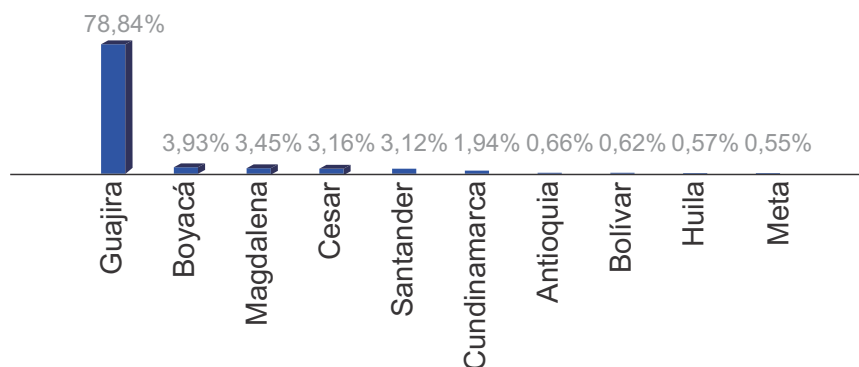
En Colombia, la presencia de caprinos se remonta a la primera mitad del siglo XVI. Desde esa época y, a través de los años, los caprinos se mantuvieron como una de las principales fuentes de proteína animal, cuya producción se da principalmente en condiciones climáticas secas (Valencia-Duarte, *et al.*, 2012); a su vez, la producción caprina se convirtió en un elemento importante a nivel cultural y gastronómico en el país.

Según Rúa-Bustamante (2019), en la Colombia de los últimos años se evidencia que los caprinos en la ganadería provienen primordialmente de la tradición gastronómica y cultural del país. Por ese motivo, este renglón ha ganado fuerza y se ha tomado al SP como una buena opción de agronegocio, en diversas regiones del país; así bien en Colombia se reconoce la crianza de los caprinos como una fuente de ingresos en el sector rural, además de contribuir a componentes socioculturales.

De acuerdo con Zapata-Salas, *et al.*, (2016), en el país los SP de caprinos se encuentran distribuidos de manera atomizada en los departamentos; sin embargo, en algunos de ellos la actividad es productiva, teniendo en cuenta que para la producción hay variables importantes como lo son la ubicación geografía y el clima. Según los datos de identificación de caprinos, para el año 2019 había alrededor de 1.006.077 animales censados, según ICA (2019). Por su parte, la producción de caprinos se encuentra localizada con un gran número de animales en los siguientes departamentos: la Guajira, Boyacá, Magdalena, Cesar, Santander, Cundinamarca, Antioquia, Huila, Bolívar, y Meta.

Figura 1.

Departamentos con mayor número de caprinos en Colombia (% Caprinos por departamentos 2019).



La figura 1, muestra cómo es el comportamiento de la producción caprina en algunos departamentos de Colombia; en esta se evidencia que en el 2019 hubo un mayor dinamismo en la Guajira, seguido por los departamentos de Boyacá, Magdalena, Cesar y Santander.

A continuación, en el siguiente apartado se encontrará información respecto de la importancia de este tipo de producción, haciendo énfasis en por qué es necesario conocer qué son los (SP) y cómo estos funcionan.

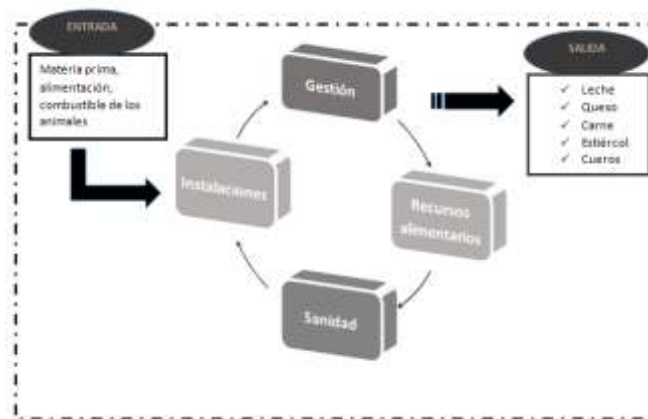
Sistemas de producción (SP)

Un sistema se puede determinar cómo el “conjunto de componentes que interaccionan entre ellos con el objetivo de obtener un producto dado” (Fonseca-Carreño y Vega-Baquero, 2019). Uno de los aspectos más importante de los sistemas es que estos “puede reaccionar como un todo al recibir un/unos estímulos/s dirigido a cualquiera de sus partes”. Por ejemplo, para el caso de la producción animal, serían los parámetros nutricionales y de alimentación de las especies, la carga genética, el manejo sanitario y el lugar donde se está desarrollando el SP. Por otra parte, según Martínez y Suárez (2018) lo indican, también es un aspecto relevante la mano de obra que tenga conocimiento específico en el manejo de caprinos; esto marca un diferenciador en los mismos, generando un componente competitivo para el desarrollo económico y productivo de los SP caprinos (Velásquez-Carrascal, *et al.*, 2020).

Los SP funcionan con una estructura básica, tal como se muestra en la figura 2; esto es, de acuerdo con el grado de interacción que los productores hagan de los elementos y de las características propias de cada SP, teniendo en cuenta las ventajas que ofrece cada región, así como el comportamiento cultural, el clima, entre otras variables. Por otra parte, Hoyos-Patiño *et al.*, (2020a) indican que los SP caprinos cuentan con atributos que les permiten generar una adaptación a los terrenos, por ser estos animales que presentan peso liviano y que no son muy grades, en comparación con otros rumiantes; por lo tanto se adaptan con gran facilidad a la topografía del terreno y al clima.

Figura 2.

Esquematización de un sistema de producción



Por su parte, los caprinos son animales de doble propósito, ya que son productores de leche y de carne, de acuerdo con lo señalado por Aguilar y Lorenzutti (2018). Teniendo en cuenta lo anterior, es importante reconocer los indicadores que conllevan a la disminución de la producción caprina; uno de estos aspectos está relacionado con las enfermedades que sufren los animales; estas últimas, a su vez se definen como los estados de desequilibrio fisiológico, como consecuencia de ciertos factores que dificultan que el caprino exprese todo su potencial productivo; entre estas enfermedades se encuentran las producidas por bacterias, parásitos, virus, etc. Dichas enfermedades pueden producir daños drásticos en la salud del animal, dependiendo de su raza, de su edad, de su plano nutricional, y de su estado fisiológico. La aparición de estas enfermedades se debe a factores relacionados con el medioambiente o con las temperaturas. De acuerdo con López-Ruvalcaba *et al.* (2013) y con Doderó *et al.* (2019), en las regiones subtropicales y tropicales, uno de los agentes principales que afecta la salud de los caprinos tiene que ver con los parásitos gastrointestinales.

Ahora bien, es importante reconocer que en los SP caprinos, dedicados a la producción de leche, se deben tener en cuenta varios factores, entre los que se encuentran los higiénicos y los nutricionales. En tal sentido, Moscoso-Gómez *et al.*, (2019) indican que la calidad de la leche de cabra depende en gran parte del control parasitario que se realice a los animales. Cardozo (2019) por su parte manifiesta que, en la crianza de los caprinos, un eje fundamental para el desarrollo del SP es el control parasitario en las primeras etapas de vida de los animales.

Por otro lado, Hoyos-Patiño *et al.*, (2020 b) indican que la producción de carne es la que expresa una diversidad superior, alternando entre sistemas extensivos o semi- intensivos. En bastantes oportunidades, las cabras comparten corrales y zonas de alimentación con ovejas, caballos o vacas, lo que aumenta la prevalencia de nematodos parasitarios afectando el SP caprino. De cuando con Hoyos-Patiño *et al.*, (2019), estos modelos de alimentación (Figura 3) deben tenerse en cuenta no solo desde el aspecto nutricional y de calidad, sino que también deben ser vistos desde la variable del bienestar animal.



Figura 3.
Adecuación de instalaciones para la alimentación de caprinos, en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander, sede Ocaña.

De acuerdo con lo anterior, es clave reconocer que el establecimiento de unos buenos parámetros nutricionales y de bienestar animal pueden mitigar la problemática que causan los nematodos gastrointestinales en los rumiantes; lo anterior, a su vez incide en la disminución del impacto económico en los SP, debido a que dicha problemática afecta el rendimiento del hospedador, provocando una disminución en sus tasas de crecimiento; igualmente, en tanto dicho factor negativo también tiene incidencia en la baja fecundidad y en el incremento en la mortalidad, de acuerdo con lo expuesto por la FAO (2014).

En tal sentido, los parásitos gastrointestinales se definen como un problema sanitario y como una limitante en la producción caprina, según lo exponen Torres-Acosta y Hoste (2008) y Alemán-Pérez *et al.*, (2011). A su vez, Bowman (2011) indica que, entre las especies de nematodos gastrointestinales más comunes, que afectan a los caprinos, se encuentran *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus spp*, entre otras, tal como se expresa en la Tabla 1, en la cual se relacionan las infecciones con nematodos gastrointestinales (NGI) más comunes en los animales, así como su localización en el sistema digestivo (SD).

Tabla 1.
NGI más comunes y su localización en el SD.

Ubicación (se localiza en)	Especie
Abomaso	<i>Haemonchus contortus</i> <i>Teladorsagia circumcincta</i> <i>Trichostrongylus axei</i> <i>Trichostrongylus colubriformis</i>
Intestino delgado	<i>Trichostrongylus vitrinus</i> <i>Nematodirus spp.</i> <i>Cooperia spp.</i> <i>Strongyloides papillosus</i> <i>Oesophagostomum spp.</i>
Intestino grueso	<i>Trichuris ovis (ciego)</i> <i>Skrjabinema ovis</i>

A este respecto, es importante indicar que estas especies de nematodos gastrointestinales producen daños drásticos en la salud de los animales. Cada nematodo se localiza en un lugar específico del SD y su patogenicidad depende de éste, de su forma de alimentarse y de su capacidad reproductiva. Por esta razón, es fundamental realizar tratamientos antiparasitarios de forma preventiva, a partir de los cuales sea posible disminuir los costos del SP en cuanto a sanidad; ello, en tanto se evitan futuros gastos en medicamentos por complicaciones gastrointestinales, permitiendo que el SP trabaje bajo parámetros agroecológicos aceptables, de con acuerdo lo indicado por Bedotti *et al.*, (2018).

Por lo demás, Moreno-Martínez (2016) menciona que los parásitos gastrointestinales causan enfermedades que afectan drásticamente la productividad de los cabretones, produciendo por ejemplo la gastroenteritis verminosa. Los parásitos que ocasionan esta enfermedad son

nematodos gastrointestinales, que producen la parasitosis interna en el caprino, la cual está compuesta por una fase parasitaria, en la que el ciclo se encuentra localizado en el intestino delgado y en el grueso, donde se reproduce, colocando huevos que son eliminados por las excretas en el medio ambiente; es aquí donde inicia otro ciclo de vida libre donde, acorde con las condiciones de la temperatura y los espacios de humedad, se genera que los huevos se desarrollen y se conviertan en larvas infestantes.

Con respecto a lo anterior, el impacto perjudicial dependerá del número de vermes que engulla y parasite al caprino; esto es lo que permite su inmunidad. Indirectamente del grado que presente en los potreros, determina su grado de contaminación en los pastos y la ingestión de larvas infestantes. Los grupos más susceptibles de contraer los nematodos gastrointestinales son los caprinos jóvenes y las hembras que se encuentran en estado de lactancia. Según lo indicado por Moreno-Pérez (2016), para el control de los cabretones infestados su reposición es primordial, ya que los parásitos o nematodos gastrointestinales son una de las principales causas de mortalidad; estos además pueden ser de gran peligro, cuando los caprinos comienzan a ingerir pasto en la etapa del destete. A su vez, si la crianza de los cabretones es a corral, es complicado y difícil que estos se lleguen a infestar, debido a que la hierba o los concentrados no sobreviven. Sin embargo, de acuerdo con lo planteado por Ríos-Zambrano (2018), se han encontrado casos de *Trichuris* en cabritos de corral en edad de 3 meses, lo cual evidencia que los huevos pueden sobrevivir en las instalaciones.

Para Suárez, *et al.*, (2016), la *Trichuriasis* es una especie de nematodo blanquecino parasitario, que causa pérdida y disminución del consumo, produciendo daños drásticos en la salud del animal; esta se evidencia en síntomas como disminución del peso, diarrea, deshidratación y, en los casos extremos, puede producir la muerte, a causa de caprinos infestados que no son tratados en el momento adecuado. Cuando salen a pastoreo, por lo general los niveles de carga parasitaria de los cabritos de reposición son muy bajos; estos niveles de infestación dependen de la ubicación en el tambo. Esto se debe a que los nematodos gastrointestinales se encuentran íntimamente lazados al medio y se debe entender la epidemiología que se encuentra en cada región, así como sus SP.

Un ejemplo de ello se encuentra en la llanura pampeana, en donde los niveles más altos de infestaciones son ocasionado por parásitos; este fenómeno es más propenso a ocurrir en la época de en verano y a finales de otoño. Sin embargo, las regiones con temperaturas lluviosas son más propensas a favorecer los parásitos como el *Haemonchus* y el *Trichostrongylus* durante el verano. En cambio, en los valles los sistemas son de bajo riego, aunque los niveles de infestaciones más altos ocurren entre los meses de marzo a mayo, esto es, hacia el final del período de lluvias; las cargas más altas por parásitos son a causa de *Haemonchus contortus* y *Trichostrongylus colubriformis*, en tanto las cabras en lactancia son muy susceptibles a los efectos que producen la adquisición de estos parásitos, principalmente el *Haemonchus*, el cual es un nematodo hematófago que causa gran pérdida de la masa corporal, ocasionando disminución de la producción de leche; a su vez, esto provoca un aumento de la mortalidad de

manera inesperada, contaminando gran parte de la lecherías caprinas. Otro de los nematodos con alta carga parasitaria es el *Trichostrongylus*, el cual causa una baja en el consumo de alimento, así como diarreas y deficiencia en la producción de leche, según lo indica Suárez *et al.*, (2018). A la vez, ambos parásitos atacan drásticamente la salud de los animales, provocando grandes pérdidas en el SP y dejando como consecuencia que este sea menos rentable y competitivo, tal como lo indican Mora-Villamizar *et al.*, (2019). Por razones como las expuestas es importante el control de estos nematodos en los cabretones; su inspección es primordial, ya que estos son considerados como una de las causas principales de su mortalidad y el riesgo empieza en el pastoreo. La dosificación estratégica de esta categoría debe estar fundamentada en la epidemiología y en el conocimiento que se tiene de esta, y de los parásitos gastrointestinales en cada región. También se debe considerar una definición de larvas en refugio y se debe enfocar en un seguimiento diagnóstico, basado en el conteo de huevos de nematodos, para que se realice el análisis de los niveles de infestación parasitaria, de acuerdo con expuesto por Martínez y Suárez (2018).

Alternativa para mejorar la salud de los SP caprinos

Fitoterapia

De acuerdo con Midence-Muñoz *et al.*, (2016), los productores han utilizado la fitomedicina durante decenios, como una alternativa para mejorar la salud de los animales, y de esta manera aumentar los rendimientos productivos de los caprinos. Esta práctica consiste en emplear extractos de origen vegetal como medicamentos, con fines terapéuticos, lo cual ha sido de gran utilidad no solo para la curación humana, también ha tenido un impacto positivo en el tratamiento de enfermedades en la práctica veterinaria, durante los últimos años. Por su parte, el uso de los medicamentos fitofármacos está encaminado a satisfacer las demandas del mercado, desde las cuales se busca con mayor frecuencia el uso de productos saludables, los que a su vez garanticen un menor impacto ambiental y combatan la resistencia de los microorganismos, utilizando los productos terapéuticos convencionales.

Según Getino-Mamet (2016), desde diferentes investigaciones se han analizado y determinado los beneficios y la efectividad que tiene el uso de fitofármacos para el control de parásitos gastrointestinales en caprinos. Sequeira-Valle y Canales-Peinado (2017) estudiaron la eficacia de los siguientes fitofármacos, para el control antihelmíntico de parásitos en SP bovina, ovina y caprina: Nim, Apazote, Ajo, Dormilona y hoja de tabaco. Dichos autores encontraron que las plantas utilizadas resultaron eficaces. También se realizó un estudio sobre la carga parasitaria de 181 caprinos y 217 ovinos, en el hato ovino-caprinos de productoras asociadas a Xochilt Acalt. En estos estudios se tuvo como resultado una disminución en la carga parasitaria.

Por otra parte, para Hernández-Alvarado *et al.*, (2018), los principios activos que se encuentran presentes en la mayoría de las plantas son los que les proveen sus propiedades y efectos curativos, produciendo resultados en el organismo muchas de estos fitofármacos como los antihelmíntico (taninos y saponinas), antioxidantes, bactericidas y anticancerígeno. Todas

estas propiedades permiten la recuperación de la salud del animal, ; también resultan útiles para quienes trabajan en el sector agropecuario, en tanto les ayuda a estos a tener una producción limpia y sostenible. Estos principios activos de las plantas también han sido útiles en la nutrición en animales y han ayudado a aumentar los parámetros reproductivos y productivos.

Plantas medicinales con potencial antihelmíntico

Allium sativum. Fitofármaco que tiene propiedades antiparasitarias (Figura 4, a.); está compuesto por principios activos como los flavonoides; en este grupo encontramos los siguientes metabolitos: *Quercetina*, *Miricetina*, *Saponinas aminoácidos*, *Apigenina*. También tiene propiedades como ajoeno y aliina. Su actividad farmacológica, de acuerdo con Moya y Escudero (2015), está relacionada con diversas propiedades que le permiten gran actividad inhibitoria contra los parásitos gastrointestinales; también produce efectos contra uno de los nematodos con más prevalencia en cabritos, esto es, con *Haemonchus contortus*.

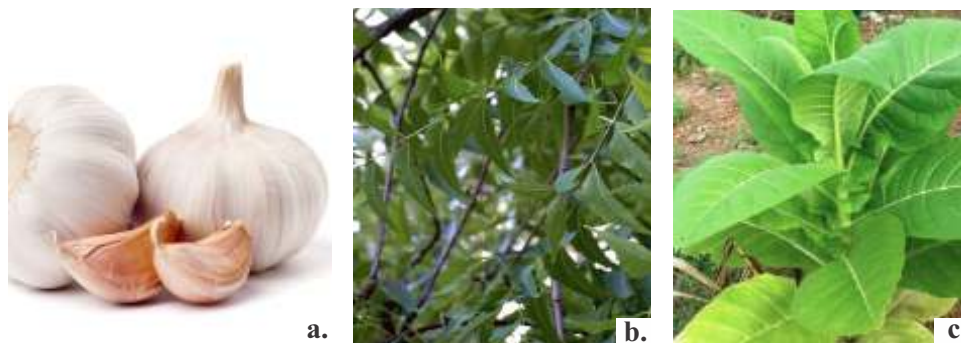
Azadirachta indica. En la actualidad, es una de las plantas más analizadas,, debido a su alto nivel de eficiencia como plaguicida, repelente y antiparasitario; de acuerdo con Isea-Fernández *et al.*, (2013), además es de fácil acceso (Figura 4, b.).

Nicotina tabacum. Esta planta medicinal es reconocida por sus propiedades parasiticidas y antihelmínticas. Cohíbe el cambio de huevos a larvas del parásito *Haemonchus contortus*, de acuerdo con lo señalado por Pérez-López (2012). (Figura 4, c.).

Para finalizar este apartado, es bueno señalar que uno de los efectos indirectos provocados por el uso indiscriminado de antiparasitarios, siendo unas de las amenazas contra en medio ambiente, existen precedentes que confirman que la utilización de antihelmínticos, produce alteraciones en el organismo del colonizador de la materia fecal del animal tratado con estos productos, por lo que se puede producir la presencia de restos tóxicos en los alimentos.

Figura 4.

a. *Allium sativum*, fitofármaco utilizado como antiparasitario. **b.** *Azadirachta indica*, fitofármaco antiparasitario y plaguicida. **c.** *Nicotina tabacum*, planta medicinal con propiedades paraticidas y antihelmínticas.



CONCLUSIONES

Los caprinos son rumiantes de doble propósito como productores de leche y carne; estos se ajustan bien a diferentes tipos de ambientes adversos, y se adaptan a diversos climas. Según el Observatorio AGROCADENAS (2006), los caprinos se han adaptado también a los sistemas de explotación en Colombia. No obstante, esta es una especie muy susceptible a la plagas múltiples, como lo son los parásitos gastrointestinales; a causa de esto, se presenta una baja de la producción por la infestación de nematodos como helmintos (cestodos, trematodos, nematodos) y protozoos, de acuerdo con lo señalado por Benavidez-Ortiz (2019). A su vez, los parásitos gastrointestinales se constituyen como problema sanitario, que además limita la productividad y afecta a los caprinos en explotaciones de pastoreo, de acuerdo con lo expresado por Méndez- Solano (2019); estos (NGI) también ocasionan daños en la salud del animal, causando grandes pérdidas en los sistemas de producción en América Latina.

Por otra parte, según lo expuesto por Alemán *et al.*, (2020), entre las especies de los nematodos gastrointestinales más comunes, que afectan a los caprinos, se encuentran los siguientes: *Moniezia expanza*, *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus spp*, *Strongyloides spp*, *Oesophagostomun spp.*, *Trichuris spp*, *Skjabinema ovis*. Estos, por su acción histiófaga y hematófaga, provocan en el caprino anemia y trastornos en la digestión de alimentos, así como secreción de metabolitos y absorción de los nutrientes, pudiendo provocar, además, el fallecimiento de los animales más infectados, según lo expuesto por Madrid-Vargas (2019). Específicamente, los caprinos jóvenes y, sobre todo, las hembras que se encuentran en estado de lactancia son los grupos más propensos a contraer nematodos gastrointestinales.

Por su parte, desde esta investigación se ha pretendido proponer una solución que tenga incidencia en las empresas del sector agropecuario, que se dedican a la producción caprina, ya que la prevalencia de nematodos gastrointestinales es una de las principales causas de las pérdidas económicas, generadas como consecuencia de la disminución en el sistema de producción; ello, en tanto estos (NGI) afectan el desarrollo del caprino, provocando trastornos nutricionales, los cuales se reflejan en padecimiento como anorexia, pérdida de peso, anemia, bajo crecimiento y disminución en la producción de leche y carne, lo que además favorece el surgimiento de enfermedades secundarias que disminuyen el SP.

En tal sentido, a través de la revisión de la literatura especializada que se presentó en este artículo, se buscó analizar los tratamientos veterinarios innovadores, efectivos, de bajo costo y naturales, para la suplementación nutricional y para el control parasitario, que además promuevan una producción sostenible y limpia. Ello, con el fin de mostrar alternativas que permitan disminuir y eliminar los niveles de carga parasitaria, velando por el bienestar animal de forma eficiente; lo anterior, en tanto los microorganismo se están haciendo cada vez más resistentes, lo cual implica un alto riesgo para la salud humana, específicamente al momento del consumo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. S. y Lorenzutti, M. (2018). Aspectos sanitarios de la producción caprina (II). Panorama actual del medicamento, 42(410) 118-124.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6342044>
- Alemán-Pérez, R., Bravo-Medina, C., Vargas-Burgos, J. y Chimborazo-Sarabia, C. (2020). Tipificación agroecológica de los sistemas ganaderos en la región amazónica ecuatoriana. *Livestock Research for Rural Development*, 32(6), 1-12.
https://www.researchgate.net/publication/342110116_Tipificacion_agroecologica_de_los_sistemas_ganaderos_en_la_region_amazonica_ecuatoriana_Agroecological_typification_of_livestock_production_systems_in_the_Ecuadorian_Amazon_region
- Bedotti, D.O., Cristel, S.L., Lux, J.M., Hurtado, A.W. y Babinec, F.J. (2018) Presencia y dinámica parasitaria en dos majadas de cabras criollas en el oeste de la Provincia de La Pampa, Argentina. *Revista AICA*, (12) 164-170.
https://www.researchgate.net/publication/329972278_PRESENCIA_Y_DINAMICA_PARASITARIA_EN_DOS_MAJADAS_DE_CABRAS_CRIOLLAS_EN_EL_OESTE_DE_LA_PROVINCIA_DE_LA_PAMPA_ARGENTINA
- Benavidez-Ortiz, E. (2009). Principales enfermedades que afectan la producción ovina en el trópico. *Revista SPEI DOMUS*, 5(11), 32-36. <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/594>
- Bowman, D.D. (2011). *Parasitología para veterinarios*. (9th Edición). Elsevier. .
<https://www.elsevier.com/books/georgis-parasitologia-para-veterinarios/bowman/978-84-8086-705-4>
- Cardozo, Patricia Alejandra. (2019). Caracterización de las especies parasitarias de ovinos, caprinos y camélidos sudamericanos en la Puna de Catamarca [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Mar del Plata]. Repositorio Institucional UN.
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5876>
- Dodero, A. M., Bertoni, E. A., Cortez, H S., Salatin, A. O., Martínez-Almudevar, F. C., Gos, M. L. y Suarez, V. H. (2019). Toxoplasmosis caprina en la provincia de Salta, Argentina. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 18(1), 1-5. <https://doi.org/10.14409/favecv.v18i1.7942>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Cultura (FAO). (2014). Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. FAO.
<http://www.fao.org/3/y4813s/y4813s.pdf>
- Fonseca-Carreño, N. E. y Vega-Baquero, Z. Y. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8(1), 9-26. <https://doi.org/10.22490/25392786.3168>
- Getino-Mamet, B. S., Da Rocha, G., Sagués, F. y Saumell, C. (2016). Fitoterapia: una alternativa terapéutica en la producción porcina [Tesis de pregrado, RIDAA UNICEN]. Repositorio

- Institucional UN. <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/735>
- Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A. y Rivero-Pérez, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico veterinario*, 8(1), 14-27. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>
- Hoyos-Patiño, J. F., Hernández-Villamizar, Daniel Antonio. (2020b) Evaluación de sostenibilidad de dos sistemas de producción caprino: estudios de caso en sistemas de producción pecuaria en Ocaña, Norte de Santander. *FAGROPEC*, 11(2), 102-118. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/22>
- Hoyos-Patiño, J. F., Hernández-Villamizar, D. A., Pallares Rincón, J. y Velásquez-Carrascal, B. L. (2019). Determinación del grado de bienestar animal en sistemas de producción caprino del municipio de Ocaña, Norte de Santander. *FAGROPEC*, 11(1), 14-22. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/12>
- Hoyos-Patiño, J. F., Velásquez-Carrascal, B. L., Hernández-Villamizar, D. A., Rodríguez-Colorado, N., Hurtado-Lugo, N. A. (2020a). Caracterización del sistema de producción caprino granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Ocaña, Colombia. *FAGROPEC*, 12, (1), 33-44. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/fagropec/article/view/1813>
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2019). Censo Pecuario Nacional – Año 2020. ICA. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Isea-Fernández, G. A., Rodríguez-Rodríguez, I. E. y Hernández-Paz, A. J. (2013) Actividad garrapaticida de *Azadirachta indica* A. Juss. (nim). *Revista cubana de plantas medicinales*. 18(2), 327-340. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2013/cpm132o.pdf>
- López-Ruvalcaba, O. A., González-Garduño, R., Osorio-Arce, M. M., Aranda-Ibáñez, E. y Díaz-Rivera, P. (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2), 223-234. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009041.pdf>
- Madrid-Vargas, E. J. (2019). Determinación de la presencia de nematodos gastrointestinales en ovinos del municipio de Chiantla, Huehuetenango 2018 [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional UN. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11856/>
- Martínez, G. M. y Suárez, V. H. (2018). Lechería caprina: producción, manejo, sanidad, calidad de leche. INTA.
- Méndez-Solano, M. (2019). Análisis hematológicos y parasitológicos en pequeños rumiantes [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/17663>

- Midence-Muñoz, M. A. y Mendoza-Munguía, M. A. Presencia de Coccidiosis en terneros de seis a un mes de edad en fincas piloto de la comunidad Valle La Primavera, Trapichito, municipio de León, departamento de León, en el período comprendido de agosto a septiembre del 2015 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional UN. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5379>
- Mora-Villamizar, D. A., Morales-Pérez, K. T., Barrientos-Monsalve, E. J. y Velázquez-Carrascal, B. L. (2019). Análisis de la competitividad entre las empresas los olivos y la esperanza en Cúcuta, Norte de Santander-según las cinco fuerzas de Michael Porter. CONVICCIONES, 6, (11), 69-75. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/418>
- Moreno-Martínez, V. (2016). Biología de Oestrus sp. (Diptera: Oestridae) parásito de la cabra montés del espacio natural de Sierra Nevada [Tesis de doctorado, Universidad de Jaen]. Repositorio Institucional UN. <http://ruja.ujaen.es/handle/10953/762>
- Moreno-Pérez, P. (2016). Evaluación del daño hepático y respuesta inmunitaria local en cabras vacunadas con catepsina 11 e infectadas con fasciola Hepática [Tesis de doctorado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional UN. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=65155>
- Moscoso-Gómez, M., Núñez-Moreno, M. S., Piña-Serrano, L. y Peñafiel-Acosta, S. (2019). Evaluación de la salud y la calidad de la leche de cabras Saanen para la seguridad alimentaria en agroecosistemas vulnerables de Penipe, Ecuador. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 2(1), 46-54. <https://doi.org/10.46380/rias.v2i1.38>
- Moya, M.A. y Escudero, V.G. (2015). Las plantas medicinales en el control de nemátodos gastrointestinales en cabras: potencial de las plantas que crecen en la región de Coquimbo, Chile. Revista Brasileira de Plantas Medicinai, 17(3), 2480-494. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_103
- Observatorio Agrocadenas Colombia. (2006, diciembre). La cadena de ovinos y caprinos en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, D.C. Agrocadenas. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3914/1/20078611357_caracterizacion_ovinosycaprinos.pdf
- Pérez-López, E. (2012). Plaguicidas botánicos: Una alternativa a tener en cuenta. Fitosanidad, 16(1), 51-59. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209125190002.pdf>
- Ríos-Zambrano, W. H. A. (2018). Prevalencia de helmintiasis gastrointestinal en cuyes (Cavia porcellus) de crianza familiar-comercial en el distrito de Matahuasi, provincia de Concepción, Junín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UN. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/10318>
- Rua-Bustamante, C. V. (2019). La producción caprina en Colombia. Tierras. Caprino, 28 55-59. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7212967>

- Sequeira-Valle, E. J. y Canales-Peinado, K. T. C. (2017). Prevalencia de vermes gastrointestinales en finca de producción bovina en los municipios de León, Malpaisillo y Nagarote del departamento de León, marzo–julio 2016 [Tesis de pregrado, RIDAA UNICEN]. Repositorio Institucional UN. <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/735>
- Suárez, V. H., Doderó, A. M., Nievas, J.D., Martínez, G. M., Bertoni, E. A., Salatin, A O. y Pinto, G. B. (2016). Presencia de enfermedades en majadas caprinas de las quebradas áridas de Jujuy y Salta [Tesis de pregrado, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina]. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/961>
- Suárez, V. H., Echazú, F., Quiroga-Roger, J. A. y Viñabal, A. E. (2018). Parásitos internos de caprinos y ovinos en las regiones de quebradas áridas y la Puna de Jujuy (Argentina). *Rev. Med. Vet*, 99(2), 112-116. http://www.someve.com.ar/images/revista/2018/N2-2018_Articulo-05.pdf
- Torres-Acosta J. F. y Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 159-173. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.009>
- Valencia Duarte, J., Trujillo Ortiz, L. y Vargas Ríos, O. (2012). Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha. *Biota Colombiana*, 13(2), 4-38. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/262>
- Velásquez-Carrascal, B. L., Hoyos-Patiño, J. F., Hernández-Villamizar, D. A., Sayago-Velásquez, L. N., Sayago-Velásquez, J. E. y Vargas-Yuncosa, J. A. (DIE) - modelo para el diseño de ideas de emprendimiento. *FAGROPEC*, 12(1), 52-64. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/31>
- Zapata-Salas, R., Velásquez-Vélez, R., Herrera-Ospina, L. V., Ríos Osorio, L. y Polanco-Echeverry, D. (2016). Prevalencia de Nematodos Gastrointestinales en sistemas de producción ovina y caprina bajo confinamiento, semiconfinamiento y pastoreo en Municipios de Antioquia, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(2), 344-354. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11647>

EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE CARCASAS DE POLLO Y AMBIENTES DE CENTROS DE FAENAMIENTO, EN UNA PROVINCIA DE LA AMAZONÍA PERUANA

Microbiological evaluation of chicken carcasses and environments of slaughtering centers in a province of the Peruvian Amazon

 **Cyndi Tatiana Cabrera Marino**¹
E-mail: cabrera_marino@hotmail.com

 **Juan Alexander Rondón Espinoza**^{2*}
E-mail: jrdone@unmsm.edu.pe

 **Nidia Llapapasca García**³
E-mail: nlapapascag@unmsm.edu.pe

 **Lluvis Lucero Germany Grandez**⁴
E-mail: luceroGermany@gmail.com

 **Manuel de la Torre Villanueva**⁵
E-mail: mdelatorre_v@hotmail.com

¹Médico Veterinario, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Alas Peruanas, filial Pucallpa, Perú.

²Docente, Estación del Centro de Investigación IVITA Pucallpa, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ucayali, Perú. Grupo de investigación Salud pública y salud ambiental

³Docente, Estación del Centro de Investigación IVITA Pucallpa, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ucayali, Perú. Grupo de investigación Biodiversidad, conservación y producción sostenible

⁴Médico Veterinario, asistente técnico, Estación del Centro de Investigación IVITA Pucallpa, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ucayali, Perú.

⁵Profesor cesante, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Alas Peruanas, filial Pucallpa, Perú.

Fecha recepción: 16 de junio de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue llevar a cabo una evaluación microbiológica de carcasas de pollo y de los ambientes de los centros de faenamiento avícola, en la provincia de Coronel Portillo, Ucayali, en Perú. Para ello, se recolectaron muestras de 30 carcasas de pollo y de seis ambientes, provenientes de seis centros de faenamiento (CF), dos centros formales y cuatro centros informales; lo anterior, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Las muestras de las carcasas se tomaron mediante el método de hisopado de superficie; las muestras de los ambientes se obtuvieron mediante el plaqueo ambiental. En las carcasas se encontró *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus* spp, *Salmonella* spp. y *Bacillus* spp, con recuentos de bacterias mesófilas aerobias, superiores a los límites máximos permisibles (LMP), de 5 Log UFC/cm² en 2 CFI. También se encontraron recuentos de enterobacterias por encima a 2 Log UFC/cm², en todas las muestras. Los ambientes tuvieron promedios de recuentos de 3,11 ± 1,28 Log UFC/placa de mesófilos aerobios; de 1,34 ± 0,49 Log UFC/placa de enterobacterias, y de 39,17 ± 50,06 UFC/placa de hongos. La evaluación permitió observar la presencia de varios géneros bacterianos en las carcasas de pollo, en los seis centros de faenamiento, especialmente en los centros informales, con valores en los recuentos de aerobios mesófilos, que

Cómo citar:

Cabrera Marino, C.T., Rondón Espinoza, J.A., Llapapasca García, N., Germany Grandez, L.L., Torre Villanueva, M. (2021). Evaluación microbiológica de carcasas de pollo y ambientes de centros de faenamiento, en una provincia de la Amazonía Peruana. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 100-113. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a2>



sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP). Además, se encontraron cargas muy elevadas de bacterias y de hongos en sus ambientes.

Palabras claves.

hisopados, plaqueo ambiental, probabilístico, bacterias mesófilas aerobias, enterobacterias.

ABSTRACT

The objective of the study was to carry out a microbiological evaluation of chicken carcasses and the environments of the poultry slaughter centers in the province of Coronel Portillo, Ucayali - Perú. Samples of 30 chicken carcasses and six environments were collected from six slaughter centers (CF) (two formal centers and four informal centers), through non-probability sampling for convenience. Carcass samples were taken using the surface swab method and environmental samples by environmental plating. *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Proteus* spp, *Salmonella* spp and *Bacillus* spp were found in the carcasses, with counts of aerobic mesophilic bacteria above the maximum permissible limits (MPL) of 5 Log CFU / cm² in 2 CFI, as well as counts of Enterobacteriaceae. above 2 Log CFU / cm² in all samples. The environments had mean counts of 3.11 ± 1.28 Log CFU / plate of aerobic mesophiles, 1.34 ± 0.49 Log CFU / plate of Enterobacteriaceae and 39.17 ± 50.06 CFU / plate of fungi. The evaluation demonstrated the presence of several bacterial genera in the chicken carcasses in the six slaughter centers, especially in the informal centers, with values in the mesophilic aerobic counts that exceed the maximum permissible limits (MPL), in addition to very high loads. of bacteria and fungi in their environments.

Key words: swabs, environmental plating, probabilistic, aerobic mesophilic bacteria, enterobacteria.

INTRODUCCIÓN

La producción avícola representa el 28% del total de la producción agropecuaria del Perú, por lo que se promedia que, en el país, el consumo de pollo puede llegar a los 50 kg/hab/año (Avinews, 2019; Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]). Adicionalmente, en la Amazonía Peruana la producción avícola es una de las actividades que ha crecido en la última década, lo que ha generado que el consumo per cápita, de carne de aves de engorde, se incremente y supere a la de las otras especies, incluso a la del pescado (Vera, 2016).

Una de las regiones de la Amazonía que muestra más crecimiento en la crianza avícola es la de Ucayali. En ella, gracias a la importante demanda, desde el año 2016 se han producido 336 596 aves por mes, superando el déficit de los años anteriores (Linares, 2017). Este incremento ha conllevado al aumento en la cantidad de aves beneficiadas, para el consumo de la población. No obstante, uno de los mayores riesgos asociados con este crecimiento acelerado, está relacionado con la ausencia de centros de beneficio que sean apropiados, y que, a su vez, permitan la implementación de las Buenas Prácticas de Faenamiento, para que, con estas, se logre garantizar la inocuidad del producto final.

Por su parte, en la provincia de Coronel Portillo, Ucayali, existen 18 centros de faenamiento, varios de ellos informales, los cuales además no cumplen con los requisitos sanitarios que han

sido establecidos por la autoridad reguladora. En estos centros se realizan actividades de faenado con escasa bioseguridad, por lo que, en la mayoría de los casos, el proceso de faenamiento de aves llega solo hasta el desplumado, dejando el pollo entero sin eviscerar, y, en esas condiciones, suele ser distribuido a los comercializadores minoristas (Zegarra *et al.*, 2004).

Así las cosas, se entiende que al finalizar el proceso de faenamiento se puede encontrar una baja carga microbiana en las carcasas de las aves, pero la contaminación microbiana puede incrementarse en un ambiente contaminado, cuando existen procedimientos deficientes del faenamiento (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Ministerio de Agroindustria de Argentina [SENASA], 2016). Consecuente con esto, se puede encontrar gran diversidad de microorganismos en las carcasas, algunos de los cuales pueden ser patógenos, capaces de producir enfermedades en el humano (Chen, Fegan, Kocharunchitt, Bowman y Duffy, 2020; Pérez, 2015).

Así bien, el aumento en la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos, durante las últimas décadas, parece guardar relación con un aumento de las enfermedades provocadas por microorganismos y por toxinas presentes (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación / Organización Mundial de la Salud [FAO /OMS], 2015); ello, sugiere una ausencia de control de calidad de los productos avícolas, en los centros de faenamiento y en los mercados del país. Así entonces, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación microbiológica en carcasas de aves y en los ambientes de los centros de faenamiento, en una provincia ubicada en la Amazonía Peruana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y periodo de tiempo del estudio

El presente estudio se realizó en la provincia de Coronel Portillo, en la región de Ucayali, la cual se encuentra ubicada en la zona centro oriental del Perú. El lugar mencionado tiene un clima tropical húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 18,7 y los 33,1 °C; además, muestra una precipitación promedio anual de 1563 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENHAMI], 2017). El procesamiento de muestras se realizó en la Unidad de Diagnóstico en Laboratorio, de la Sección de Sanidad Animal, del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), sede Pucallpa, perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El estudio se desarrolló entre el mes de diciembre de 2016 y el mes de abril de 2017.

Selección y caracterización de los centros de faenamiento

Para el presente estudio fueron seleccionados seis centros de faenamiento avícola (CFA) en actividad, de la provincia de Coronel Portillo, los cuales se encontraban distribuidos en los

distritos de Callería (4), Yarinacocha (1) y Manantay (1): De entre estos, dos fueron centros formales (CFF) y cuatro fueron informales (CFI). En cuanto a su infraestructura, dos de los CFI tenían instalaciones de madera y los demás CF contaban con instalaciones de concreto. Además, en los CFI, los procesos se realizaban en un solo ambiente, mientras que en los CFF se realizaban en dos a cuatro ambientes, separando los procesos. Los CFI contaban con un personal de hasta cinco operarios y los CFF contaban con un personal de seis o más operarios.

El proceso de faenamiento iniciaba con la recepción de los pollos, los cuales permanecían, durante un promedio de tiempo de entre dos a seis horas, en un área contigua externa al CF, para los centros informales, y en un área de espera para los centros formales. El sacrificio era manual en casi todos los centros, a excepción de un centro formal, en el cual dicho proceso era de tipo mecánico. Posterior a los procesos de desangrado y de escaldado, el eviscerado solo se realizaba en un centro formal. Tres centros informales trabajaban con agua almacenada en tanque; el resto de los centros contaban con agua potable permanente. Los centros formales contaban con un sistema de drenaje de aguas residuales y de disposición de residuos sólidos. Los pollos faenados permanecían en el área de despacho, entre una hasta tres horas para su salida; solo un centro formal manejaba cadena de frío después del faenado. El mobiliario y los utensilios utilizados en los centros informales eran básicos, mientras que en los centros formales eran sofisticados e higiénicos. Para encontrar más detalles al respecto tabla 1.

Tabla 1.

Parámetros de infraestructura y equipamiento para los procesos de faenamiento de centros formales e informales.

Centros de Faenamiento		Informal	Formal
Infraestructura	Madera	2	-
	Concreto	-	4
N° de Instalaciones	-	4	2
Recepción		Si	Si
Aturdimiento		No	Si
Sacrificio y Desangrado		4	2
Escaldado y Desplume		4	2
Lavado 1		4	2
Evisceración		No	Si
Lavado 2		No	Si
Oreo		No	Si
Expendio		No	Si
Indumentaria	Adecuada	-	2
	Inadecuada	4	-
Mobiliario y Utensilios	Higiénicos	No	Si

Diseño del estudio

La presente investigación no experimental es un estudio de tipo observacional. Para este se realiza un muestreo no probabilístico por conveniencia, de seis centros de faenamiento, de tres distritos, en la provincia de Coronel Portillo (haciéndolo de manera proporcional respecto de la cantidad de centros por distrito). Igualmente, para el mismo tipo de muestreo de las carcasas, en cada centro (considerando una muestra representativa de cinco carcasas de pollo como un lote de producción), este último criterio es considerado con base en la Norma Técnica de Salud N° 071-2008 (Ministerio de Salud del Perú / Dirección General de Salud Ambiental [MINSA/ DIGESA], 2008). Adicionalmente, se toma una muestra del ambiente principal de cada centro de faenamiento, mediante plaqueo ambiental.

Recolección y procesamiento de las muestras

Recolección

La recolección de la muestra se realizó entre las 3:00 y las 4:00 a.m., a la mitad del tiempo del proceso de faenamiento, el cual se iniciaba a las 00:00 y finalizaba a las 06:00. Se aplicó la técnica de hisopado de superficies inertes, de acuerdo con la American Public Health Association (APHA) y con la Guía Técnica para el Análisis Microbiológico y de Superficies en Contacto con Alimentos y Bebidas, descrito por MINSA/ DIGESA, (2008).

Para el método de hisopado se frotó un hisopo estéril previamente humedecido, en una solución de 5 ml de agua peptonada estéril, contenida en un tubo, sobre el área determinada de muestreo de las regiones dorsolumbar y del muslo, usando una plantilla estéril de 25 cm² (5x 5 cm). El hisopo humedecido se presionó ligeramente en la pared del tubo, con un movimiento de rotación, con el fin de quitar el exceso de solución; luego fue inclinado en un ángulo de 30° y se frotó cuatro veces la superficie delimitada por la plantilla, cada una en dirección opuesta a la anterior, para asegurar el hisopado en toda la superficie. Además, se colocaron los dos hisopos (de la zona dorsolumbar y del muslo) del lado izquierdo y derecho de la carcasa en el tubo, quebrando y eliminando la parte del hisopo que estuvo en contacto con los dedos.

Para el plaqueo ambiental se utilizaron tres placas de Petri, con medios de cultivo [Agar Trypticase Soya (TSA), Agar MacConkey (MC) y Agar Sabouraud Dextrosa (AS)], en el ambiente principal del centro de faenamiento. Se consideró el área final del proceso de faenamiento para los centros formales. Las placas se dejaron abiertas durante 15 minutos, en forma de triángulo equilátero. Todas las muestras se llevaron al laboratorio en un *cooler* con geles refrigerantes, conservando las muestras entre 2 a 8 °C, hasta su procesamiento.

Procesamiento

De los tubos con las muestras del hisopado, el tubo 1 se procesó en forma directa para el aislamiento de mesófilos aerobios y el tubo 2 fue incubado para el descarte de *Salmonella* spp.

Del contenido del tubo 1 se realizaron diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} en otros tubos, conteniendo 5 ml de una solución buffer fosfato (PBS); luego, 1 ml de esta segunda dilución fue inoculado en placas conteniendo TSA y Agar MC, con movimientos manuales en forma de cruz, durante sesenta segundos, hasta la dispersión completa de la muestra en el medio de cultivo. Posterior a ello, las placas fueron incubadas a $36,5^{\circ}\text{C}$ por 24 h. El contenido del tubo 2 fue incubado a $36,5^{\circ}\text{C}$ por 24 h, para posteriormente homogenizar e inocular 1 ml de este contenido en Agar MC (por el mismo método).

De las muestras obtenidas en el plaqueo ambiental, las placas con TSA y Agar MC se incubaron a $36,5^{\circ}\text{C}$ por 24 h, mientras que las placas con Agar Sabouraud fueron incubadas a 30°C por cinco días.

Identificación y recuento microbiano

Se realizó el recuento bacteriano y la identificación de los géneros bacterianos más comunes en los cultivos de TSA y Agar MC. El recuento se realizó con un contador de colonias y la identificación se realizó mediante fenotipificación de las colonias, tinción Gram y pruebas bioquímicas. Para la identificación de *Escherichia coli* y de otras enterobacterias se utilizaron los medios Citrato, Agar hierro-triple azúcar (TSI) e Indol. Para la identificación de *Salmonella* spp. se utilizó caldo Rappaport Vassiliadis (de las colonias lactosa negativas y sospechosas por su morfología en Agar MC); para la confirmación se usó Agar xilosa, lisina, desoxicolato (XLD) y finalmente caldo Urea. Para los recuentos bacterianos se consideraron únicamente las placas que tuvieron entre 15 a 300 colonias, según lo descrito por Ministerio de Salud del Perú. Dirección General de Salud Ambiental [MINSA/ DIGESA], 2001.

De las muestras de plaqueo ambiental se realizó el conteo de colonias de bacterias y de hongos por placa y, en la identificación de los géneros microbianos (usando el método ya descrito), para hongos, se realizó el recuento total de colonias de mohos y levaduras.

Análisis de datos

Se realizó una estadística descriptiva mediante diagrama de cajas, representando la mediana y la media del recuento de bacterias mesófilas aerobias, encontradas en las carcasas muestreadas de todos los centros; la prueba t de Student, para determinar la existencia de la diferencia significativa entre los recuentos bacterianos en carcasas de los CFF y CFI, con un nivel de significancia de $p=0.036$; la prueba U de Mann-Whitney, para determinar la diferencia significativa entre los resultados de los CFF y CFI, con un nivel de significancia de $p=0.002$. Los resultados fueron esquematizados con el programa *SigmaPlot* 11.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El recuento promedio de bacterias mesófilas aerobias en las carcasas fue de $4,91 \pm 0,7$ Log UFC/cm², en los seis centros de faenamiento (Tabla 2). Dicho resultado fue superior a los 4,01

$\pm 0,03$ Log UFC/cm² hallado por Molero (2012), en el estado de Zulia (Venezuela), quien muestreó solo el área de la pechuga. Por otra parte, Santamaría (2019), en un estudio de carne de pollo de mercados, en el sur del país, reportó que el 17,3% de las muestras superó los límites máximos permisibles (LMP) de aerobios mesófilos, considerando M: 10⁵, M: 10⁷. Mientras tanto, Pérez y Serrano (2013) reportaron resultados de 3,3 - 3,9 Log UFC/ml, aplicando el método de enjuague de carcasas, en dos centros de faenamiento de Huancavelica en el Perú.

Por otra parte, se halló una correlación positivamente significativa ($r=0,709$; $p=0,00001$) entre el recuento de bacterias mesófilas aerobias (Log UFC/cm²) y el recuento de enterobacterias (Log UFC/cm²), en las carcasas. El diagrama de cajas, de la Figura 1, muestra que la media del recuento de mesófilos, en las carcasas de los CFI ($5,1 \pm 0,76$ Log UFC/cm²), superó el LMP de 5 Log UFC/cm²; además, este fue significativamente mayor al valor de la media de los CFF ($4,53 \pm 0,38$ Log UFC/cm²) ($p=0,036$). Los resultados indican que, de acuerdo con lo establecido por la Norma Técnica Sanitaria N° 071-V.01 (MINSA / DIGESA, 2008), los lotes de las muestras de carcasas de pollo, provenientes de los CFI 3 y CFI 4, serían declarados inaceptables, por superar el LMP (10⁵ UFC/cm²) de bacterias mesófilas aerobias, en más de dos muestras (Tabla 2).

El diagrama de cajas en la Figura 2 muestra que la media del recuento de enterobacterias, en carcasas de los CFI (4,3 Log UFC/cm²), fue significativamente mayor que en los CFF (3,67 Log UFC/cm²; $p=0,002$). Por su parte, los valores de todos los centros de faenamiento superaron el LMP (2 Log UFC/cm²) establecido por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de Argentina (SENASA, 2016). Teniendo en cuenta lo anterior, según estos resultados y la norma indicada, todos los lotes evaluados deberían haber sido declarados inadmisibles para la venta y para consumo humano.

Figura 1

Diagrama de cajas del recuento total de bacterias mesófilas aerobias en carcasas de pollo (Log UFC/cm²), en centros de faenamiento informales ($n=20$) y formales ($n=10$)

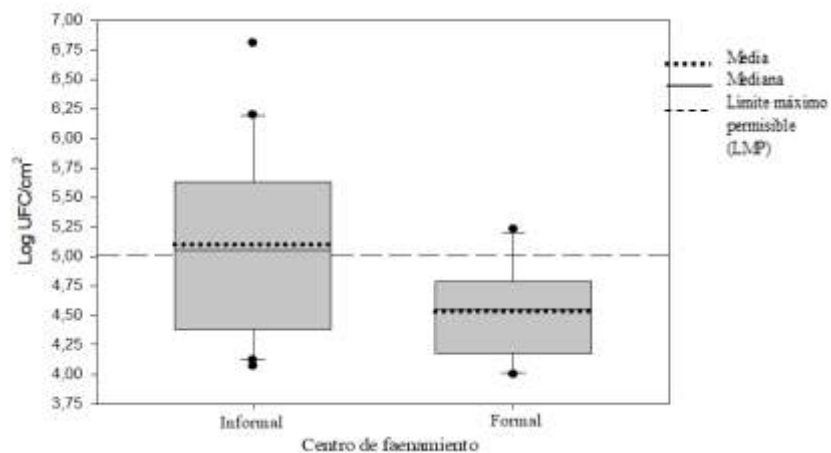


Tabla 2.

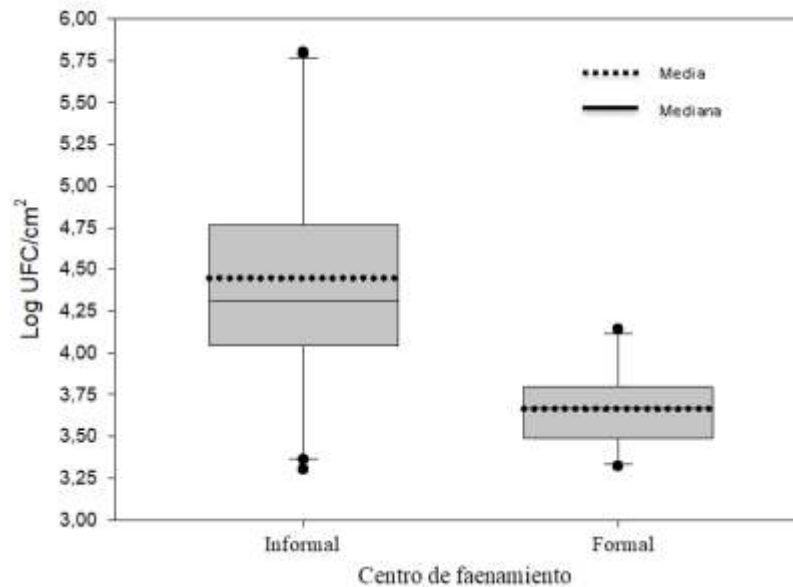
Recuento de bacterias mesófilas aerobias y enterobacterias en carcasas de pollo (Log UFC/cm²), de los centros de faenamiento de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali, en la Amazonía Peruana.

Centro de Faenamiento	Bacterias mesófilas aerobias	Enterobacterias
Formal 1	4,5 ± 0,4	3,7 ± 0,3
Formal 2	4,5 ± 0,4	3,6 ± 0,2
Informal 1	4,7 ± 0,6	4,1 ± 0,5
Informal 2	4,6 ± 0,7	3,8 ± 0,5
Informal 3	5,1 ± 0,1	4,4 ± 0,2
Informal 4	6,0 ± 0,6	5,5 ± 0,5
Total	4,91 ± 0,7	4,2 ± 0,7

Nota. Para el promedio se consideraron cinco carcasas por centro de faenamiento para el muestreo.

Figura 2.

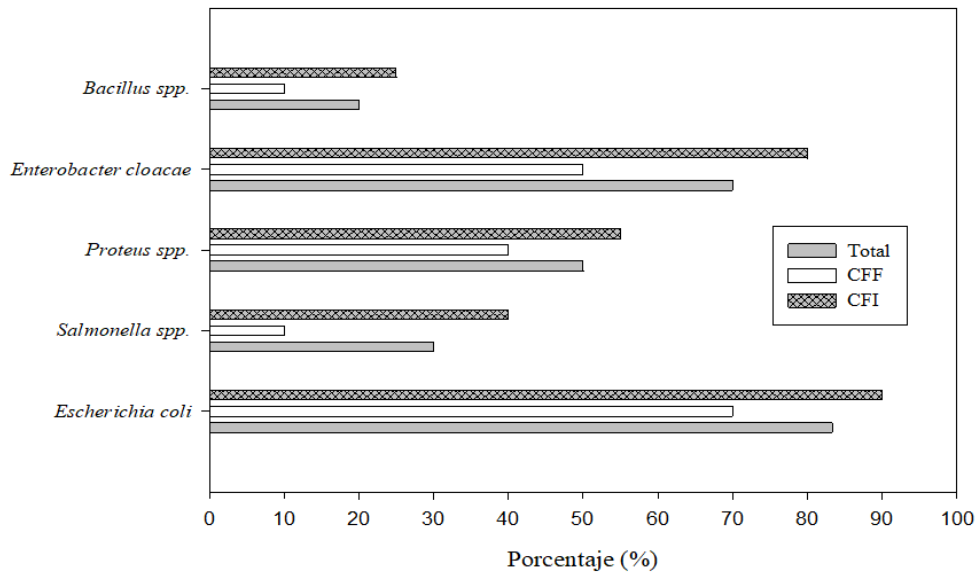
Diagrama de cajas del recuento total de enterobacterias en carcasas de pollo (Log UFC/cm²), en centros de faenamiento informales (n=20) y formales (n=10)



Vale indicar que los porcentajes de especies bacterianas halladas en las carcasas de los pollos se muestran en la Figura 3. Los porcentajes de aislamiento, en el total de las muestras, fueron los siguientes: *Escherichia coli* (83,3%), *Enterobacter cloacae* (80%), *Proteus* spp (50%), *Salmonella* spp (30%) y *Bacillus* spp (20%); presentándose con mayor frecuencia en las carcasas de pollos de los CFI. Por otro lado, *E. coli*, *E. cloacae* y *Proteus* spp se hallaron en muestras de todos los CF (6/6), con resultados de *Bacillus* spp en 5/6 y de *Salmonella* spp. en 4/6.

Figura 3.

Presencia bacteriana (%) en carcasas de pollos ($n=30$) de centros de faenamiento informal (CFI), formal (CFF) y total, de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali, Perú



En cuanto a los hallazgos bacterianos, los resultados presentados en este estudio son similares a los hallados por Guerrero, Duarte y Toledo (2007), quienes identificaron *E. coli* y *Salmonella* spp. en 29% y 13% respectivamente, en muestras de carne de pollo en expendio, en Cuenca, Ecuador. Por su parte, Fernández (2012) encontró *E. coli* en 47% de las muestras de pechugas de pollo, en expendio en Loja, Ecuador. En ese mismo sentido, Reinoso (2016) encontró *E. coli* y *Salmonella* spp. en 67% y 5%, respectivamente, en relación con las muestras de carne de pollo no refrigerado en Lima. A su vez, Zambrano, Lucas, Vilca y Ramos (2013) reportaron presencia de *Salmonella* spp. en 25,6% y 35,6% de las muestras de hisopado cloacal y de enjuague de superficie, respectivamente, en un centro de beneficio clandestino en Lima.

Es importante indicar que la presencia de bacterias en carcasas de pollos dependerá de factores como las condiciones higiénico – sanitarias, durante el transporte que se realiza generalmente en jaulas pequeñas, favoreciendo el mal estado de higiene del ave y la proliferación de bacterias patógenas, entendiéndose que este es un asunto que se puede considerar como un renglón fundamental, respecto de la bioseguridad (Ponsa, 2021). Por su parte, el grado de contaminación y sus consecuencias, dependerá de las medidas de control aplicadas durante el procesamiento, almacenamiento, manipulación y distribución, hacia el consumidor final (Lavado, 2017). En este sentido, Pacholewicz *et al.* (2015) señalan que la presencia de *E. coli* es un indicador de la higiene del procesamiento, en el matadero.

Ahora bien, aunque la contaminación de las carcasas no implica necesariamente que estas sean un vehículo permanente de bacterias, que puedan llegar al consumidor final, debido a que la

cocción destruye gran parte de las bacterias superficiales, sí es cierto que podría haber un riesgo sanitario, derivado del consumo de la carne que ha sido manipulada con bajas condiciones de bioseguridad, específicamente si se realiza un mal proceso de cocido, e incluso, también podría generarse a través de la manipulación de las carcasas. Consecuentemente, bacterias como *E. coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* son consideradas como agentes infecciosos y toxigénicos que, comúnmente, son encontrados en los alimentos, en forma natural, en productos crudos o añadidos por el hombre, y su presencia generalmente se deriva de una manipulación inadecuada (Da Silva, Matté, Leal y Matté, 2008).

Por otra parte, en el presente estudio, respecto del plaqueo ambiental se identificaron bacterias de los géneros *Streptococcus*, *Bacillus*, *Staphylococcus* y enterobacterias. Los hallazgos evidenciaron que las fuentes de contaminación pueden ser variables y que las prácticas de higiene pueden jugar un papel importante (Pan American Health Organization [PAHO], 2020). El análisis de la calidad del agua utilizada en el proceso de faenamiento, sobre todo la procedente de los centros informales, posiblemente hubiera permitido tener un mejor panorama, sobre los factores que pueden llegar a generar contaminación en las carcasas (Mpundu, Mbewe, Muma, Zgambo y Munyeme, 2019).

A su vez, la alta carga microbiana en los ambientes de los CFI (Tabla 3) estaría determinada, en gran medida, por el tipo de instalaciones que estos poseen, debido a que ellos cuentan con un ambiente en el cual se realiza todo el proceso de faenado y el depósito de jabas, cerca de las mesas para el desplume manual. Además de lo anterior, allí no se realizan una limpieza constante de paredes y pisos, por lo cual se observan desechos del faenado en el área. Por otra parte, las instalaciones no son de construcción sólida y no cuentan con superficies impermeables, las cuales son recomendadas por el reglamento de (Ministerio de Agricultura del Perú. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [MINAG / SENASA], 2007). Incluso, en varios casos, las paredes son de madera y tienen forros de plástico, los cuales se encuentran contiguos a las zonas de lavado de carcasas. Así entonces, se considera que la mejora de las

Tabla 3.
Recuento de microorganismos (Log UFC/placa en bacterias y UFC/placa en hongos) en los ambientes de los centros de faenamiento de pollos, de la de la provincia de Coronel Portillo, Ucayali, en Perú

Centro de faenamiento	Bacterias mesófilas Aerobias	Enterobacterias	Hongos
Formal 1	2,95	1,45	12
Formal 2	3,04	1,60	21
Informal 1	3,20	1,56	19
Informal 2	3,38	0,78	140
Informal 3	2,78	0,70	10
Informal 4	3,14	1,93	33
Total	3,11 ± 1,28	1,34 ± 0,49	39,17 ± 50,06

condiciones de higiene y de saneamiento en los CF, podrían a su vez mejorar la vida útil de las carcasas (Tuncer y Sireli, 2008).

En ese mismo orden de ideas, los hongos, principalmente los del género *Aspergillus* spp, estuvieron presentes en los ambientes de todos los CF. Viegas *et al.* (2017) encontraron varias especies de *Aspergillus* en mataderos y en establecimientos avícolas, lo que representa un riesgo ocupacional, por el potencial toxigénico de las especies de este género. Por otra parte, Chmielowiec-Korzeniowska, Tymczyna, Drabik y Krzosek (2016) reportaron la presencia de *A. versicolor*, un hongo filamentoso patógeno y alergénico, dentro de la sala de una planta de procesamiento de desechos animales, lo cual demuestra un bajo estado sanitario-higiénico del aire, en las salas de procesamiento del lugar y una contaminación del aire en sus inmediaciones.

Finalmente, a pesar de que no hay una norma que categorice los monitoreos microbiológicos ambientales, para los centros de faenamiento, con los resultados del plaqueo ambiental se pudo evidenciar que los centros con mayor ventilación y menor exposición a los excrementos de aves, en sus instalaciones (CFI 3 y CFF 1), tuvieron valores más bajos de bacterias y de hongos, en el recuento del plaqueo. Lo anterior, sugiere un riesgo de contaminación mayor en ambientes cerrados, contrario a lo que recomienda el reglamento, en el cual se establece que los centros deben tener ambientes cerrados, con superficies higienizables y circulación de aire unidireccional (Linares, 2017). No obstante, Hutchison, Walters, Mead, Howell y Allen, (2006) encontraron una débil correlación entre la higiene del proceso, el tiempo, y los indicadores bacterianos, lo que representa un hallazgo limitado.

CONCLUSIÓN

La evaluación demostró la presencia de varios géneros bacterianos en las carcasas de pollo, en los seis centros de faenamiento, especialmente en los centros informales, con valores en los recuentos de aerobios mesófilos, que sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP), además de cargas muy elevadas de bacterias y de hongos en sus ambientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avinews. (2019, 2 de mayo). *Avicultura de Perú continúa creciendo este año*. Avinews Avicultura Info. <https://avicultura.info/avicultura-de-peru-continua-creciendo-este-ano-2019/>
- Chen, S. H., Fegan, N., Kocharunchitt, C., Bowman, J. P. & Duffy, L. L. (2020). Impact of poultry processing operating parameters on bacterial transmission and persistence on chicken carcasses and their shelf life. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(12). <https://doi.org/10.1128/AEM.00594-20>.
- Chmielowiec-Korzeniowska, A., Tymczyna, L., Drabik, A. & Krzosek, L. (2016). Microbial contamination level of air in animal waste utilization plants. *Annals of Agricultural and*

- Environmental Medicine*, 23(1), 54-58. <https://doi.org/10.5604/12321966.1196852>
- Da Silva, M. L., Matté, G. R., Leal, P. M. & Matté, M. H. 2008. Occurrence of pathogenic microorganisms in fish sold in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Food Quality*, 30(1), 94-110. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00192.x>
- Decreto Supremo N° 029-2007-AG. Reglamento del Sistema Sanitario Avícola. (2018, 15 setiembre). Ministerio de Agricultura del Perú. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/sanidad-avicola/>
- Fernández, W. (2012). *Determinación de Escherichia coli por los métodos de placas petrifilm y Agar MacConkey en presas de pollo seleccionadas (pechuga) que se comercializan en la ciudad de Loja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja-Ecuador]. <https://DSpace.UNL.EDU.EC/JSPUI/BITSTREAM/123456789/5412/1/TESIS2%20%E2%80%99CDETERMINACI%C3%93N%20DE%20ESCHERICHIA%20COLI%20POR%20LOS%20M%C3%89TODOS%20DE%20PLACAS%20PETRIFILIM%20Y%20AGAR%20MAC%20CONKEY%20EN%20PRESAS%20DE%20POLLO%20SELECCIONADAS%20%28PECHUGAS%29%20QUE%20SE%20COMERCIALIZAN.PDF>
- Guerrero Z, Duarte P, Toledo B. (2007). Enterobacterias patógenas encontradas en carne de pollo para consumo humano. *Rev El Salvador* 12(1-6).6-1.
- Hutchison, M. L., Walters, L. D., Mead, G. C., Howell, M. & Allen, V. M. (2006). An assessment of sampling methods and microbiological hygiene indicators for process verification in poultry slaughterhouses. *Journal of Food Protection*, 69(1), 145-153. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.1.145>.
- [INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. (2008-2009). Consumo de carnes. <https://www.inei.gob.pe>
- Lavado, D. (2017). *Estudio comparativo de la carga bacteriana en carcasas de pollo provenientes de diferentes sistemas de beneficio y comercialización en el Distrito de Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2927/1/REP_MED.VETE_DIEGO.LAVADO_ESTUDIO.COMPARATIVO.CARGA.BACTERIANA.CARCASAS.POLLO.PROVENIENTES.DIFERENTES.SISTEMAS.BENEFICIO.COMERCIALIZACI%C3%93N.DISTRITO.TRUJILLO.pdf
- Linares, C. (2017). *Caracterización de infraestructura y equipamiento de los Centros de Faenamiento Avícola en la provincia de Coronel Portillo, (Ucayali)*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. <https://docplayer.es/142215437-Cinthya-isabel-linares-pinedo.html>
- Ministerio de Salud del Perú. Dirección General de Salud Ambiental. 2001. [MINSA / DIGESA]. (2001). Manual de Análisis microbiológico de alimentos. http://bvs.minsa.gob.pe/local/DIGESA/61_MAN.ANA.MICROB.pdf
- Ministerio de Salud del Perú. Dirección General de Salud Ambiental 2008. [MINSA /DIGESA].

- (2008). Resolución Ministerial N°591 de 2008. (2008, 27 de agosto). Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano. https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANO RMA.pdf
- Ministerio de Agricultura del Perú. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [MINAG/SENASA] (2007). Decreto Supremo N° 029-2007-AG. (2018, 15 setiembre). Reglamento del Sistema Sanitario Avícola. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/sanidad-avicola>
- Molero, G. (2012). *Análisis microbiológico de canales de pollo en los mataderos del Estado Zulia, Venezuela*. [Tesis de doctorado, Universidad de Córdoba-España]. <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/8380/2012000000663.pdf?sequence=1&isAll owed=y>
- Mpundu, P., Mbewe, A. R., Muma, J. B., Zgambo, J. & Munyeme, M. (2019). Evaluation of Bacterial Contamination in Dressed Chickens in Lusaka Abattoirs. *Frontiers in Public Health*, 7(19). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00019>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación / Organización Mundial de la Salud. [FAO /OMS] 2015 (2019, 21 de julio). Codex Alimentarius. Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-2015. Enmienda 2010, 2012, 2013, 2104, 2015. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf
- Pacholewicz, E., Swart, A., Schipper, M., Gortemaker, B. G., Wagenaar, J., Havelaar, A. & Lipman, L. (2015). A comparison of fluctuations of *Campylobacter* and *Escherichia coli* concentrations on broiler chicken carcasses during processing in two slaughterhouses. *International Journal of Food Microbiology*, 205, 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.006>
- Pan American Health Organization, PAHO. (2021, 07 de mayo). *Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)*. PAHO. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/food-safety-hacpp-cha-analisis-peligros-puntos-criticos-control.pdf>
- Pérez, J. y Serrano, F. (2013). *Calidad microbiológica de la carne de pollo (Gallus gallus) comercializada en la ciudad de Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica-Perú]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/743>
- Pérez, I. (2015). *Calidad y seguridad microbiológica de la carne de pollo: con especial referencia a la incidencia de Salmonella, Campylobacter y Listeria Monocytogenes en las distintas etapas de la producción y procesado*. [Tesis de doctorado, Universidad de la Rioja-España]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=46794>
- Ponsa Masurra, F. (2012). Actualización de las mejores técnicas disponibles para el control de Salmonella en avicultura. *Selecciones Avícolas*, 7-11.

<https://fddocuments.es/document/actualizacion-de-las-mejores-tecnicas-causas-mas-comunes-de-toxiinfecciones.html>

- Reinoso, J. (2016). *Determinar la presencia de enterobacterias en pollo no refrigerado que se expende en el Mercado 27 de Febrero de la ciudad de Cuenca*. [Tesis de magister, Universidad del Azuay-Ecuador]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5144>
- Santamaría, M. (2019). *Calidad microbiológica de la carne de pollo expendida en el Mercado Mayorista Miguel Grau del Distrito de Tacna*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3872>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Ministerio de Agroindustria de Argentina. [SENASA] (2016). Resolución 336. (2016, 28 de junio). Parámetros microbiológicos para las carnes de aves, huevos, ovoproductos, especies menores y productos de caza. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-336-2016-263092>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. [SENHAMI]. 2017 (2019, 11 de enero). Mapa Climático del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Tuncer, B. & Sireli, U. (2008). Microbial growth on broiler carcasses stored at different temperatures after air- or water-chilling. *Poultry Science*, 87(4), 793-799. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00057>
- Vera J. (2016). *Situación actual de la avicultura peruana*. El Sitio Avícola. <http://www.elsitioavicola.com>
- Viegas, C., Faria, T., Caetano, L., Carolino, E., Gomes, A. & Viegas, S. (2017). *Aspergillus* spp. prevalence in different Portuguese occupational environments: What is the real scenario in high load settings? *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(10), 771-785. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1334901>
- Zambrano, H., Lucas, J., Vilca, M. y Ramos, D. (2013). Determinación de *Salmonella* spp. en centros de beneficio clandestino de pollos de engorde en Lima, Perú. *RIVEP*, 24(3), 337-345. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i3.2582>
- Zegarra, J., Palomino, L., Ramos, D., Manzanedo, R., Angulo, C. y Alvarado, A. (2004, septiembre). Clasificación y priorización de los departamentos del Perú según variables epidemiológicas en sanidad avícola. [Conferencia]. *XVII Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias*, Tacna, Perú.

ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VARIEDAD CASTILLO® EN NARIÑO

Study of coffee (Coffea arabica L.) Castillo® variety production components in Nariño

 **Johanna Alixa Muñoz-Belcazar**¹
E-mail: mjohannaalixa@gmail.com*

 **Carlos Andrés Benavides-Cardona**²
E-mail: cabenavides@udenar.edu.co

 **Tulio César Lagos-Burbano**³
E-mail: tlagosb@udenar.edu.co

 **Jorge Fernando Navia Estrada**⁴
E-mail: jornavia@yahoo.com

¹Ing. Agrónoma, M.Sc. Universidad de Nariño, sede VIPRI, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos. San Juan de Pasto – Nariño, Colombia.

²Ing. Agrónomo, M.Sc. Universidad de Nariño, sede VIPRI, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos. San Juan de Pasto – Nariño, Colombia.

³Ing. Agrónomo, Ph.D. Universidad de Nariño, sede VIPRI, Facultad de Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos. San Juan de Pasto - Nariño, Colombia.

⁴Ing. Agrónomo, Ph.D. Universidad de Nariño, sede Torobajo, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Fecha recepción: 25 de mayo de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar la relación de las variables climáticas y de crecimiento, en la producción del cultivo de café Variedad Castillo®, en el departamento de Nariño. Se seleccionaron tres lotes (1ha), en tres diferentes rangos altitudinales por municipio ($\leq 1600\text{m}$, entre 1601 y 1800m, $>1800\text{m}$). Las variables registradas fueron precipitación (PP), temperatura (TEMP), radiación fotosintéticamente activa (RFA), altura de planta (AP), diámetro basal del tallo (DBT), número de hojas (NH), número de ramas primarias (NRP), número de ramas secundarias (NRS), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), número de nudos por rama (NNR) y longitud de ramas (LR). Estas fueron contrastadas con la producción en g.pl-1 de café pergamino seco (CPS/PL). Se realizó un análisis descriptivo de las variables climáticas; un análisis de varianza para variables de crecimiento y producción; un análisis de correlación de Pearson entre las variables evaluadas y un análisis de sendero de las variables que presentaron un mayor coeficiente de correlación. El registro de la RFA fue variable, con respecto a las altitudes y los municipios evaluados. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas, las cuales evidenciaron el efecto de la altitud sobre los parámetros registrados. El análisis de correlación mostró relaciones positivas entre altitud y variables y del rendimiento, con AP, DT, NRP, LR y IAF. Por otra parte, con el análisis de sendero se identificó a las variables AP, NRP y LR, como las de mayores efectos sobre el CPS/PL, en forma transversal, mientras tanto, las variables IAF, NH y NRP, presentaron los mayores efectos directos.

Palabras clave.

Análisis de correlación, análisis de sendero, índice de área foliar, producción.

Cómo citar:

Muñoz-Belcazar, J.A.; Benavides-Cardona, C. A.; Lagos-Burbano, T.C y Navia Estrada, J.F. (2021). Estudio de los componentes de producción de café (*Coffea arabica* L.) variedad castillo® en Nariño. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 114-128. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a3>



ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the relationship between climatic and growth variables and the production of Castillo® variety coffee in the department of Nariño. Three plots (1ha-1) were selected in three different altitudinal ranges per municipality ($\leq 1600\text{m}$, between 1601 and 1800m, $>1800\text{m}$). The variables recorded were precipitation (PP), temperature (TEMP), photosynthetically active radiation (PAR), plant height (PH), basal stem diameter (BD), number of leaves (NL), number of primary branches (NPB), number of secondary branches (NSB), leaf area (LA), leaf area index (LAI), number of nodes per branch (NNB) and branch length (BL), which were compared with the production in g.pl-1 of dry parchment coffee (CPS/PL). A descriptive analysis of the climatic variables, analysis of variance for growth and production variables, Pearson correlation analysis between the variables evaluated and path analysis of the variables with the highest correlation coefficient were carried out. The PAR was variable with respect to the altitudes and municipalities evaluated. The analysis of variance showed statistical differences that evidenced the effect of altitude on the parameters recorded. The correlation analysis showed positive relationships between altitude and variables, and of yield with AP, DT, NRP, LR and IAF, on the other hand, the path analysis identified the variables AP, NRP and LR, as those with the greatest effects on the CPS/PL in a transversal way; while the variables IAF, NH and NRP presented the greatest direct effects.

Key words.

Correlation analysis, path analysis, leaf area index, production.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el café es parte integral de la economía de más de 70 países (Moncada *et al.*, 2016), proporcionando un medio de vida para más de 25 millones de agricultores (Panhuysen & Pierrot, 2014) (McNougher, 2013). Su consumo a nivel mundial se encuentra en continuo crecimiento; en tal sentido, de 57,9 millones de sacos que se consumían en 1964, se proyecta que habrá un consumo de 166,3 millones de sacos, para el año cafetero 2020/21. A su vez, se estima que ésta tendencia se mantendrá, si se tiene en cuenta el incremento del consumo en países como China, Corea del sur y Rusia, los cuales tradicionalmente no son consumidores (OIC, 2021; OIC, 2016). Por su parte, la producción del grano ha tendido a estabilizarse o reducirse, debido principalmente a factores como los fenómenos del Niño y de La Niña (Sauchyn *et al.*, 2016); también debido a las características del suelo y al manejo del cultivo; a la aparición de plagas; al sistema de labranza; a la densidad de plantas y de la topografía, entre otros factores (Lince & Sadeghian, 2015) (FNC, 2015) (Suárez *et al.*, 2014). Del mismo modo, la falta de implementación y de adopción de tecnología es causada por los factores mencionados y la poca uniformidad en la cosecha (Ocampo & Álvarez, 2017) (Salazar *et al.*, 2016) (Araujo e Silva Ferras *et al.*, 2012).

La tendencia actual en la producción de los cultivos se encamina hacia una producción sostenible y amigable con el ambiente, que permita garantizar una mayor competitividad en los mercados internacionales (Confalone *et al.*, 2006); en este sentido, el conocimiento sobre la conformación fisiológica de la producción es de gran importancia, en tanto permite optimizar

el manejo de aquellas variables más influyentes en la productividad del cultivo (Ramírez *et al.*, 2010). Para lograr lo anterior, se requiere de estudios detallados, *in situ*, que permitan analizar las causas de la variación de la producción y su relación con sus componentes. Siguiendo esta línea, el presente estudio se planteó con el objeto de evaluar la relación de las variables climáticas y de crecimiento, con la producción del cultivo de café Variedad Castillo®, en cuatro municipios cafeteros del departamento de Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo durante el periodo agrícola que comprende, de agosto de 2016 hasta agosto 2017. Este se implementó en los municipios de La Unión (ecotopo cafetero 220A), cuya ubicación geográfica de referencia se encuentra entre los 1° 21" y 1° 42" LN y hace parte de las cuencas del Río Patía y Río Mayo, Sandoná, Consacá y La Florida (ecotopo cafetero 221A), ubicados entre 1° 05" y 1° 36" LN y que forman parte de la Cuenca del Río Guaitara (Gómez *et al.*, 1991).

Área experimental

En cada municipio se seleccionaron tres localidades experimentales, en tres diferentes rangos altitudinales, definidos para el estudio, los cuales son los siguientes: bajo (<1600 m.s.n.m), medio (entre 1600 y 1800 m.s.n.m) y alto (>1800 m.s.n.m). Cada localidad contó con un área de 1ha, establecidas con café Variedad Castillo® de tres años y con una densidad de siembra de 6800pl.ha⁻¹ (1,3x1,3m al triángulo), en un sistema a libre exposición solar. En estas se consideraron parámetros homogéneos de manejo agronómico, durante el tiempo de evaluación (Tabla 1).

Variables evaluadas

A partir del estudio se realizó seguimiento a variables climáticas, de crecimiento y de producción. Dentro de las primeras se consideró la temperatura ambiente (TMP), la precipitación (PP) y la radiación fotosintéticamente activa (RFA), mediciones que a su vez fueron registradas durante el periodo de evaluación, por estaciones meteorológicas de Spectrum Technologies inc., modelo 2900ET, Weather Station, ubicadas en cada lote experimental.

Para la evaluación de las variables de crecimiento, en cada localidad (1ha), se tomaron al azar dieciséis (16) plantas, en las cuales, cada sesenta (60) días, durante el periodo de evaluación, se midieron las siguientes variables: altura de planta en cm (AP), desde la base del suelo hasta el último ápice formado; diámetro basal de tallo en cm (DBT), estimado a 10cm de la superficie del suelo; número de hojas (NH), número de ramas primarias (NRP), secundarias (NRS) y

Tabla 1.
Ubicación geográfica de las localidades experimentales de la investigación.

Municipio	Localidad	Latitud (W)	Longitud (N)	Altitud (M)
Sandoná	Las Delicias	1°13' 36"	77°44' 54"	1536B
	Mana 1	1°10' 25"	77°48' 32"	1700M
	La Cruz	1°12' 27"	77°46' 45"	2015A
Consacá	Cariaco Bajo	1°10' 30"	77°28' 07"	1577B
	Bomboná	1°11' 26"	77°27' 31"	1668M
	San Antonio	1°12' 50"	77°25' 56"	1989A
La Florida	La Joya	1°22' 06"	77°17' 56"	1600B
	Santa Ana	1°23' 56"	77°18' 53"	1800M
	S. Francisco	1°22' 20"	77°20' 43"	2030A
La Unión	La Playa	1°38' 28"	77°09' 00"	1430B
	El Sauce	1°34' 23"	77°07' 38"	1620M
	Buenos Aires	1°34' 23"	77°07' 38"	2030A

número de nudos por rama (NNR), estimados por conteo manual; longitud de ramas primarias en cm (LR), con el promedio de 6 ramas de las partes baja, media y alta de la planta; área foliar por planta en cm² (AF), calculada a través del siguiente modelo matemático:

$$AF = a + bx/1 + cx + dx^2$$

Dónde: a = 4,541, b = 2,38, c = 0,154 d = 0,0075 y x = longitud promedio de seis hojas (parte baja, media y alta de la planta).

Posteriormente, el AF se multiplicó por el número total de hojas por planta, para obtener el área foliar por planta y, finalmente, para estimar el índice de área foliar (IAF), para el cual se dividió el AF por planta, entre el área del suelo que ocupa la planta ($AIF = AF/AS$).

La variable dependiente producción correspondió a la cosecha del periodo evaluado 2016-2017, expresado en g.pl⁻¹ de café pergamino seco (CPS/PL), para su estimación. Previo a la cosecha se seleccionaron, al azar, sesenta (60) plantas por hectárea en cada parcela experimental; se contó y pesó el número total de frutos por planta; luego se tomaron, al azar, cuatro (4) muestras de cien frutos por localidad, para obtener el peso promedio y para estimar así las producciones por planta y por hectárea.

La relación café cereza versus café pergamino seco - CPS se determinó, a partir de diferenciales de peso. En cada localidad se tomaron muestras de 5kg de café cereza, las cuales fueron sometidas a un proceso de beneficio tradicional; se secaron a libre exposición solar y se registró su peso, cuando el grano alcanza un promedio de 12% de humedad, con el fin de estimar las relaciones de producción de CPS por planta y por hectárea.

Análisis de la información

Para cada localidad se realizó un análisis descriptivo de las variables climáticas registradas, considerando los rangos altitudinales, para las variables de crecimiento y de producción se realizó un ANOVA, con la utilización de la prueba de Tukey, con nivel de significancia de $p < 0,05$, para aquellas variables que evidenciaron diferencias estadísticas. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación de Pearson para todas las variables, en cada localidad, y se incluyeron los parámetros de altitud, temperatura promedio y precipitación acumulada, con el objetivo de establecer la asociación entre las variables y la producción del cultivo, permitiendo demostrar la magnitud y la dirección de los efectos de factores en la determinación de caracteres complejos (Valencia & Ligarreto, 2012).

Las variables que mostraron mayor correlación con la producción se sometieron a un análisis de Sendero, utilizando el *software InfoStat*, versión 2008 (Balzarini *et al.*, 2008), para evaluar la importancia de cada uno de los componentes en la conformación de la producción y para determinar las relaciones directas e indirectas entre sus características morfológicas o de una variable sobre otra, de acuerdo con los sugerido por Behrouz y DeEll (2009) y por Jasso de Rodríguez *et al.* (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la temperatura promedio mensual no varió en forma considerable, entre altitudes en cada municipio o entre ellos. Independientemente de la ubicación de las localidades, la temperatura promedio mensual estuvo en un rango, para las altitudes bajas, de entre 19,08 a 20,87°C; para las medias, de entre 18,49 a 19,94°C y, para las altas, de entre 17,14 a 18,35°C. La temperatura promedio más alta se dio en la altitud baja del municipio de Sandoná, la cual, a pesar de no ser la zona más baja de evaluación, presentó un mayor valor con 23°C. Por otra parte, en las localidades con altitudes altas de los municipios de Consacá y La Unión se presentó el promedio más bajo de temperatura, con 17°C en ambos casos. La FNC (2010) indicó que la temperatura óptima para el crecimiento y para el desarrollo del cultivo estaba entre 17 y 23°C, valores que, para las zonas de estudio, estuvieron dentro del rango independientemente de su altitud.

La precipitación evidenció un comportamiento uniforme en cuanto a su distribución, independiente de la altitud o del municipio evaluado; los picos más altos se observaron en los periodos correspondientes al último trimestre de 2016 y al segundo trimestre de 2017. El Municipio con mayor precipitación fue La Unión, con 1493,5, 1896,14 y 2733,17 mm, en las altitudes baja media y alta respectivamente; la menor precipitación se presentó en La Florida, con 1308,06, 796,0, y 1605,77 mm en las altitudes baja, media y alta respectivamente.

Ramírez *et al.* (2013) afirman que la precipitación óptima para el cultivo de café se encuentra entre 1600 y 1800 mm anuales y, aunque esta es la indicada, es posible producir con niveles o

frecuencia de precipitación diferentes, situación que se evidenció en las localidades evaluadas. La reducción o abundancia de las lluvias en el cultivo de café, además se traduce en la reducción de su actividad fisiológica, afectando los procesos de crecimiento y de producción (Turbay *et al.*, 2014) (Avelino & Rivas, 2013) (Laderach *et al.*, 2011). Sin embargo, en el momento de la diferenciación floral se requiere de un déficit hídrico, que garantice alta floración. Además, la demanda hídrica del cultivo depende de la edad, de las características del suelo y de la altitud (Ramírez *et al.*, 2010).

Por otra parte, el comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa-RFA fue variable, con respecto a las altitudes y municipios evaluados, con valores que oscilaron, desde los $472,3\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$, obtenidos en la altitud alta de La Unión, hasta los $975,75\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$, observados en la altitud baja de La Florida; además, en este municipio se presentaron los mayores promedios de la variable, en las tres altitudes evaluadas (975,75, 853,3 y $802\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-2}$, alta, media y baja respectivamente). Este factor se consideró de gran importancia, ya que su influencia se tradujo en crecimiento vegetal, producción de biomasa y rendimiento (Rojas, 2015; Castilla *et al.*, 2013). Un aumento de este parámetro induce la formación de plantas más bajas, así como mayor diferenciación y, por ende, que estas sean más productivas; mientras tanto, un estadio bajo, sombrío o con menores valores de RFA, estimularía la formación de plantas más altas, con menor diferenciación y menos productivas (Arcila *et al.*, 2007).

Crecimiento y producción

La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 2), para las variables que evidenciaron diferencias estadísticas, en el análisis de varianza realizado con el fin de observar el efecto de la altitud, sobre los parámetros considerados, mostré que, para el municipio de La Florida, el comportamiento de las variables que se diferenciaron estadísticamente, con respecto al factor altitud (Baja, Media y Alta), fueron los siguientes: DBT (3,29, 2,91, 3,64cm, respectivamente); NH (733,04, 576,39, 942,21, en su orden); AF (105233,96, 81544,74, $135838,76\text{cm}^2$) y IAF (7,21, 5,59, 9,3). La altitud baja difirió de la media y de la alta, superándolas en valores, para las variables NRP (55,38, 44, 53) y CPS/PL (806,94, 142,59 y $309,9\text{g}\cdot\text{pl}^{-1}$).

En el municipio de La Unión, las variables que presentaron diferencias estadísticas, según el rango altitudinal, Bajo, Medio y Alto, fueron AP (139,75, 144,94, 125 cm, en su orden); DBT (3,21, 3,47, 3,78 cm, respectivamente); NH (487,12, 666,22, 608,1); AF (65927,89, 90240,83, $8646,67\text{cm}^2$) y IAF (4,52, 6,18, 5,92). La altitud media presentó similitud estadística con la altitud alta, registrando los mayores valores para las variables NH, AF y IAF. En Sandoná se presentaron diferencias estadísticas, según la zona baja, media y alta, con respecto a las variables NH (602,84, 615,31, 699,99 en su orden), AF (86928,41, 88952,31, $100530,95\text{cm}^2$) y IAF (5,96, 6,09, 6,89); la altitud alta difirió estadísticamente con la altitud media y baja, en las variables NH, AF y IAF. En el municipio de Consacá se encontraron diferencias estadísticas significativas, para las altitudes baja, media y alta, con respecto a la variable CPS/PL (69,2,

Tabla 2.

Comparación de medias para las variables DBT, NH, NRP, AF, IAF, CPS/PL y AP, en parcelas de café variedad castillo, en tres rangos altitudinales, de cuatro municipios de la zona cafetera de Nariño.

Municipio		Variables						
La Florida	Zona	DBT	NH	NRP	AF	IAF	CPS/PL	
	Baja	3,29 B	733,04 B	55,38 B	105233,96 B	7,21 B	806,94 B	
	Media	2,91 A	576,39 A	44 A	81544,74 A	5,59 A	142,59 A	
	Alta	3,64 C	942,21 C	53 AB	135838,76 C	9,30 C	309,40 A	
La Unión	Zona	AP	DBT	NH	AF	IAF		
	Baja	139,75 AB	3,21 A	487,12 A	65927,89 A	4,52 A		
	Media	144,94 B	3,47 AB	666,22 B	90240,83 B	6,18 B		
	Alta	125 A	3,78 B	608,10 B	86467,67 B	5,92 B		
Sandoná	Zona	NH	AF	IAF				
	Baja	602,84 A	86928,41 A	5,95 A				
	Media	615,31 A	88952,31 A	6,09 A				
	Alta	699,99 B	100530,95 B	6,89 B				
Consacá	Zona	CPS/PL						
	Baja	69,20 A						
	Media	225,50 B						
	Alta	112,10 AB						

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

225,5, 112,1gc.p.s.pl⁻¹ en orden), que difirió entre las altitudes baja y media, presentando el mayor valor, pero sin diferenciarse con la zona de altitud alta.

El AF y el IAF, al igual que el NH, presentaron diferencias estadísticas con respecto a las altitudes en los municipios de Sandoná, La Florida y La Unión; según Montoya *et al.* (2017), la relación entre la producción de café cereza y el área foliar estimada del árbol, indica que por cada 100 cm² de AF, la producción del árbol se incrementa en 2,37g de café cereza; del mismo modo, como lo afirma Silva *et al.* (2011), a mayor área foliar, generalmente hay mayor capacidad de interceptación de radiación solar y, por ende, mayor productividad.

El mayor IAF para este estudio se ubicó en la altitud alta de la Florida, con 9,3, razón por la cual, posiblemente, esta zona fue una de las que evidenció diferencias, con respecto a la producción de CPS/PL. Este es un indicador del uso eficiente del recurso suelo, de la captación de energía y de la productividad. De acuerdo con Bermúdez (2016), el IAF óptimo para *Coffea arabica* L., variedad Caturra, es de 8; en investigaciones realizadas por Alvarado y Ochoa (2006), en Variedad Castillo, se registró un IAF de 7 y 8, a los tres y a los cuatro años respectivamente, con una densidad de siembra de 10.000 plantasha⁻¹.

El NRP mostró diferencias estadísticas únicamente en La Florida, en donde la altitud baja obtuvo el mayor número (55,38); esto podría explicar el comportamiento de las variables antes mencionadas (NH, AF, IAF). Durante el ciclo de producción anual, para el desarrollo de los frutos, una planta de café requiere hasta cuatro veces más fotoasimilados, que los que se necesita para la generación de una nueva rama, y se espera que, con mayor número de ramas, haya una mayor producción; lo anterior, a su vez depende de factores climáticos como la radiación solar (Vaast *et al.*, 2005) (Balladares & Calero, 2005).

Así entonces, de forma general se pudo observar que el comportamiento asociado con el crecimiento del cultivo, si bien, en algunas localidades presentó diferencias, con respecto a las variaciones altitudinales y a las variables evaluadas, esto no representa un comportamiento predecible y diferencial definitivo, para municipios en forma particular. Es por esto necesario un análisis, no solo de las relaciones existentes entre variables para la producción, sino también, del grado de aporte que estas hacen a la misma.

Con respecto a las variaciones que fueron encontradas podemos afirmar que, en muchos de los parámetros identificados, fue posible encontrar coincidencias con aportes realizados por diversos autores, con respecto al comportamiento de los mismos; por ejemplo, desde el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé (2011), se afirma que las variaciones de temperatura influyen directamente sobre la longitud de entrenudos, de altura de la planta y de floración, aspecto que también se puede evidenciar en el presente trabajo, ya que al no identificarse un rango de variación amplio, en la temperatura promedio, a través de los municipios y de las altitudes evaluadas, únicamente se pudieron evidenciar diferencias estadísticas, en un solo municipio (La Unión), para la variable AP; incluso en este aspecto, esa diferencia podría asumirse con respecto a la variable climática RFA, la que, precisamente en esta zona, reflejó valores variables que pudieron incidir, como lo indica Arcila *et al.* (2007), considerando la AP como una variable que aporta al desarrollo de ramas primarias y secundarias, que garanticen la producción (Balladares & Calero, 2005).

Por su parte, el DBT y NH considerados por Bustamante *et al.* (2004), como ítems de importancia, especialmente a partir del segundo año de la producción en un cultivo de café, para este trabajo se establecieron como las variables que más difirieron estadísticamente, con respecto a las altitudes en La Florida y en La Unión para DBT y en Sandoná, La Florida y La Unión para NH.

Análisis de correlación

El análisis de correlación para el municipio de Sandoná evidenció, en gran medida, el comportamiento descrito anteriormente, con respecto a las variables de crecimiento versus las variaciones altitudinales de la zona, tales como AP vs NRP (0,54); las variables AF e IAF vs ALT, TEMP y PP presentaron 0,99 en todos los casos; NNR vs LR mostraron 0,89 y, finalmente, considerando como variable dependiente producción CPS/PL, esta mostró que las

variables RFA (0,57) y DBT (0,66) fueron las que más se asociaron con este parámetro.

Para el municipio de La Unión, la ALT se mostró como la variable correlacionada, en mayor medida, con RFA, PP y TEMP (-0,99 en los tres casos); con AP (-0,65); con DBT (0,75); con NRS (0,58) y con AF e IAF con (0,59 en ambos casos). Con respecto a la producción CPS/PL, las variables que más se correlacionaron fueron AP (0,57), NH (0,61), AF y IAF (0,54); variables, que como se mencionó anteriormente, se consideraron como las responsables de garantizar una mayor zona de floración y una mayor fructificación.

Los valores de correlación más evidentes, en el municipio de Consacá, se observaron en las variables ALT, con RFA (0,9) y PP (1,0); con TEMP (0,99); AP con NH (0,82), LR (0,88), NH con AF e IAF (0,99 en ambos casos). Además, se pudo evidenciar que las variables NH (0,62), AF e IAF (0,66) fueron las que presentaron una mayor correlación, con el rendimiento CPS/PL.

Finalmente, en el municipio de La Florida la ALT conservó su valor de correlación con respecto a RFA (-0,98) y TEMP (-0,99); RFA presentó alta correlación con TEMP (0,98). Para las variables de crecimiento AP se encontró alta correlación con NRP (0,72), AF e IAF (0,67 en los dos casos); DBT con NH, AF e IAF (0,9 en los tres casos); NH con PP, AF e IAF (0,99 en las tres variables). Además, se pudo evidenciar que las variables ALT (-0,7), RFA (0,78) y NRS (0,62) fueron las que presentaron una mayor correlación con CPS/PL y que las variables AF, IAF (0,12) y NNR (-0,01) fueron las que presentaron los coeficientes más bajos de correlación, con la variable dependiente CPS/PL.

Siguiendo esta línea, vale decir que Valencia y Ligarreto (2012) indican que los coeficientes no muestran la importancia que tienen los efectos directos e indirectos, que estos tienen sobre la variable rendimiento, ya que un coeficiente de correlación alto o bajo, entre dos variables, se puede deber al efecto de una tercera variable o a un grupo de variables.

Análisis de sendero

El análisis de sendero permitió establecer los efectos directos, de cada una de las variables seleccionadas, sobre la producción del cultivo, así como los efectos entre variables, que afectan igualmente a la productividad (efectos indirectos), en las cuatro localidades evaluadas (Tabla 3).

Por su parte, en el municipio de Sandoná las variables RFA (0,57) y DBT (0,66) mostraron los mayores efectos totales significativos, sobre la producción de café Variedad Castillo. Las variables RFA (0,73), NRS (-0,52) y AP (0,41) presentaron los mayores efectos directos. Alvarado y Ochoa (2006) afirman que la altura de planta es una de las variables que guarda una estrecha relación, con el número de ramas y con la producción. Al incrementarse la altura de la planta aumenta el número de nudos y de ramas y, por ende, también la productividad; lo

Tabla 3.

Contribución directa e indirecta de las variables ALT, RFA, AP, DBT, NH, NRP, NRS, AF, IAF, NNR, LR, PP y TEMP, con respecto a la variable dependiente rendimiento (CPS/PL), analizadas sobre el rendimiento de plantas de café variedad Castillo, en cuatros municipios del departamento de Nariño.

Municipio	Variable	RFA	AP	DBT	NRP	NRS	Corr.con CPS/PL
Sandóná	RFA	0,73	-0,04	0,17	-0,06	-0,23	0,57
	AP	-0,07	0,41	0,09	0,15	-0,31	0,26
	DBT	0,28	0,08	0,44	0,1	-0,25	0,66
	NRP	-0,16	0,22	0,17	0,27	-0,18	0,31
	NRS	0,32	0,24	0,21	0,1	-0,52	0,36
La Unión	AP	0,69	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,57
	NH	0,07	-0,27	-0,01	0,83	-0,01	0,61
	NRP	0,41	-0,07	-0,05	0,13	-0,04	0,37
	IAF	-0,02	-0,26	-0,01	0,84	-0,03	0,59
	LR	0,37	-0,04	-0,04	0,07	-0,06	0,3
Consacá	RFA	-3,76	3,52	0,74	-0,14	0,03	0,36
	NH	0,31	-42,67	2,26	40,61	0,12	0,62
	NRP	-1,01	-35,2	2,73	33,89	0,11	0,52
	IAF	0,01	-42,5	2,27	40,77	0,12	0,66
	LR	-0,04	-31,01	1,8	29,48	0,16	0,39
La Florida	ALT	5,99	-6,84	0,22	-0,33	0,26	-0,7
	RFA	-5,92	6,92	-0,33	0,37	-0,26	0,78
	NRP	-1,33	2,36	-0,97	0,5	-0,06	0,5
	NRS	-3,33	4,3	-0,81	0,6	-0,15	0,62
	TEMP	-5,99	6,82	-0,2	0,33	-0,26	0,69

anterior, entendiendo que el número de ramas productivas es un índice de mayor producción (Balladares & Calero, 2005). A su vez, la variable (AP) mostró un efecto indirecto sobre el rendimiento, a través del número de ramas secundarias (-0,31). El NRP presentó un efecto indirecto sobre el rendimiento, a través de la RFA (0,32) y AP (0,24).

Con respecto al municipio de La Unión, las variables AP (0,57), NH (0,61) e IAF (0,54) mostraron los mayores efectos totales significativos, sobre la variable dependiente CPS/PL; las variables AP (0,69) e IAF (0,84) presentaron los mayores efectos directos. En tal sentido, una mayor área foliar total implica, generalmente, una mayor capacidad de intercepción de

radiación solar y, por ende, una mayor productividad; por lo anterior, se considera importante tener conocimiento sobre el comportamiento de esta variable de crecimiento (Silva *et al.*, 2011). De igual modo, el NH mostró un efecto indirecto significativo sobre el rendimiento, a través de IAF (0,83); NRP presentó un efecto indirecto significativo sobre el rendimiento, a través de altura de planta (0,41).

Ahora bien, con respecto al municipio de Consacá, las variables NH (0,62) e IAF (0,66) presentaron los mayores efectos totales significativos, sobre la variable dependiente CPS/PL; por su parte, las variables NH (-42,67) e IAF (40,77) presentaron los mayores efectos directos. El NH mostró un efecto indirecto significativo sobre el CPS/PL, a través de IAF (40,61); el NRP presentó un efecto indirecto significativo sobre el CPS/PL, a través del IAF (33,89). Como lo cita Balladares y Calero (2005), el aumento del número de ramas es una característica morfológica del café, relacionada con la productividad y, como lo menciona Silva *et al.* (2011), una mayor área foliar total implica, generalmente, una mayor capacidad de intercepción de radiación solar y, por ende, una mayor productividad.

Finalmente, en el municipio de La Florida las variables ALT (-0,7), RFA (0,78) y TEMP (0,69) presentaron los mayores efectos totales significativos, sobre la variable dependiente CPS/PL; las variables ALT (5,99) y RFA (6,92) presentaron los mayores efectos directos. El NRP mostró un efecto indirecto significativo sobre el CPS/PL, a través de la RFA (2,36); a su vez, la TEMP presentó un efecto indirecto significativo sobre el CPS/PL, a través de la RFA (683,2).

CONCLUSIONES

Durante la evaluación, el comportamiento climático se mostró variable, con respecto a la precipitación acumulada, la cual, no evidenció diferencias apreciables, en relación con su distribución y con picos máximos de ocurrencia. A su vez, para las altitudes y las zonas evaluadas, e independientemente de las condiciones de evaluación, los rangos climáticos no presentaron oscilaciones significativas.

Por su parte, la altitud fue un parámetro que guardó estrecha relación con las variables de crecimiento evaluadas, en especial, en el municipio de La Unión. Los parámetros de crecimiento de mayor correlación con el rendimiento fueron altura de planta, número de hojas, longitud de ramas, área foliar e índice de área foliar en forma transversal, para los cuatro municipios evaluados.

Finalmente, las variables que mayor aporte significativo presentaron, como parámetros de crecimiento, fueron la altura de planta, el número de hojas, el número de ramas principales y la longitud de las ramas. Como parámetros climáticos, la radiación fotosintéticamente activa, la altitud y la temperatura, tuvieron efectos sobre el rendimiento, únicamente en la localidad de la Florida, razón por la cual, no se puede afirmar que el comportamiento productivo fue transversal, para las demás localidades del mismo ecotopo, es decir para Sandoná y Consacá.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente estudio agradecen al Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño y al proyecto de investigación denominado: “Investigación evaluación del efecto de sombra de diferentes especies arbóreas en el comportamiento agronómico y calidad de Café, Consacá, Nariño, Occidente”, el cual es financiado por el SGR.

REFERENCIAS

- Alvarado, G., Ochoa, H. (2006). Características fenotípicas de componentes de variedad Castillo en dos ambientes. *Cenicafé*, 57(2), 100-121.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/arc057%2802%29100-121.pdf>
- Araujo e Silva Ferraz, G., Da Silva, F., De Carvalho, M. (2012). Análisis geoestadístico de rendimiento de frutos y fuerza de desprendimiento en café. *Precisión Agric* 13, 76-89.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-011-9223-8>
- Arcila, J., Farfan, F., Moreno, A., Salazar, L., Hincapie, E. (2007), Sistemas de producción de café en Colombia, Chinchiná, *Cenicafé*, 309p.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>
- Avelino, J., Rivas, G. (2013). La roya anaranjada del cafeto. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>
- Balladares, D., Calero, J. (2005). Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva y calidad de café (*Coffea arabica*) vr, Costa Rica 95. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]
<https://repositorio.una.edu.ni/1969/1/tnf04b188.pdf>
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., Robledo, C. (2008), *InfoStat Software Estadístico. Manual del Usuario*. Editorial Brujas.
https://www.researchgate.net/publication/283569520_Software_estadistico_InfoStat_Manual_de_usuario_Version_1/link/5f5f8745a6fdcc116410c707/download
- Behrouz, M., De Ell, J. (2009). Correlation and path-coefficient analyses of ripening attributes and storage disorders in 'Ambrosia' and 'Empire' apples. *Revista Postharvest Biology and Technology*, 51 (2), 168-173.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.006>
- Bermúdez, L. (2016). Evaluación del crecimiento y producción en diferentes condiciones

de siembra en café variedad Castillo [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia].

- Bustamante, J., Casanova, A., Roman, N., Monterey, C. (2004). Estimación temprana del potencial de rendimiento en café (*Coffea arabica* L.) Var, Bramón I. *Bioagro*, 16(1), 3-8. [http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16\(1\)/1,%20Estimaci%C3%B3n%20temprana.pdf](http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16(1)/1,%20Estimaci%C3%B3n%20temprana.pdf)
- Castilla, N., Baeza, E., Papadopoulos, A. (2013). *Greenhouse technology and management* (2a ed). CABI Publishing, .
- Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFE. (2011). Variedad climática y la floración del café en Colombia. CENICAFE. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04072.pdf>
- Confalone, M., Castro, B., Ruiz, B., Sau, F. (2006). Componentes del rendimiento en leguminosas de grano con posibilidades de ser utilizadas como forraje invernal en Galicia. *Pastos*, 36 (2), 177-192.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia –FNC. (2015). Comportamiento de la industria cafetera colombiana 2014. FNC.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia- FNC. (2010). Centro nacional de investigaciones de café - Cenicafé, Chinchiná, Colombia. FNC.
- International Coffee Organization – OIC. (2021). Coffee prices rallied in April 2021 amid an anticipated decline in production and signs of economic recovery from covid-19 pandemic. OIC. <https://www.ico.org/documents/cy2020-21/cmr-0421-e.pdf>
- Jasso de Rodríguez, D., Angulo, L., Rodríguez, G. (2001). Correlation and path coefficient analyses of the agronomic trait of a native population of guayule plants. *Revisit Industrial Crops and Products*, 14(2), 93-103. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(00\)00092-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(00)00092-3)
- Laderach, P., Lundy, M., Jarvis, A., Ramirez, J., Perez, E., Schepp, K. (2011). Predicted Impact of Climate Change on Coffee Supply Chains. (Conference paper) DOI: 10.1007/978-3-642-14776-0_42
- Lince, L., Sadeghian, S. (2015). Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7 (1), 71. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1547/1844>
- McNougher, P. (2013). Insight special: Debunking coffee myths, Coffee division of ED&F.

- MAN. <https://www.yumpu.com/en/document/read/22891202/insight-special-debunking-coffee-myths-bijdendijk>
- Moncada, M., Tovar, E., Montoya, J., González, A., Spindel, J., McCouch, S. (2016). A genetic linkage map of coffee (*Coffea arabica* L.) and QTL for yield, plant height, and bean size. *Tree Genetics & Genomes* 12 (5),1-17.
- Montoya, R., Hernández, A., Unigarro, M., Flórez, R. (2017). Estimación del área foliar en café variedad Castillo a libre exposición y su relación con la producción. *Revista Cenicafé* 68(19), 55-61
- Ocampo, O., Álvarez, L. (2017), Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes del CENES*, 36(64), 139-165. DOI: <https://doi.org/10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419>
- Organización Internacional del Café –OIC. (2016). Informe del mercado de café- febrero 2016, Aumenta el consumo mundial de café, pero los precios siguen bajos, Londres. OIC. <http://www.scielo.org.co/pdf/cenes/v36n64/0120-3053-cenes-36-64-00139.pdf>
- Panhuisen, S., Pierrot, J. (2014). Barómetro de café 2014. *Ensayos sobre economía cafetera*, 27 (30).
- Ramos, L., Criollo, H. (2017). Calidad física y sensorial de *Coffea arabica* L, variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, Unión Nariño. *Rev. Cienc, Agr*, 34(2), 83 – 97. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.74>
- Ramírez, V., Arcila, J., Jaramillo, A., Rendón, J., Cuesta, G., Menza, H., Mejía, C., Montoya, D., Mejía, J., Torres, J., Sánchez, P., Baute, J., Peña, A. (2010). Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar, *Cenicafé*, 61(2), 132-158.
- Ramírez, V., Jaramillo, A., Arcila, J. (2013). Factores climáticos que intervienen en la producción de café en Colombia, En *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC y Centro de Investigaciones en café – CENICAFÉ. Manual de cafetero colombiano, Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. FNC – CENICAFÉ.*
- Rojas, E. (2015). La radiación PAR y su efecto en los índices de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de tomate, Centro de Investigación en Química Aplicada [Tesis de Maestría]. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/49/1/TESIS%20ELVA%20ILIANA%20ROJAS%20SANCHEZ%20final.pdf>

- Salazar, K., Arroyave, A., Ovalle, A., Ocampo, O., Ramírez, C., Oliveros, C. (2016). Tiempos en la recolección manual tradicional de café. *Ingeniería Industrial*, 37(2), 114–126.
- Sauchyn, D., Upegui, J., Masiokas, M., Ocampo, O., Cara, L., Villalba, R. (2016). Exposure of Rural Communities to Climate Variability and Change: Case Studies from Argentina, Colombia and Canada. En W, Leal Filjo, K, Adamson, R, M, Dunk, U, Alzeiteiro, S, Illingworth & F, Alves (Eds.), *Implementing Climate Change Adaptation in Cities and Communities, Integrating Strategies and Educational Approaches* (pp, 23–38). Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-28591-7>
- Silva, W., Brinate, S., Tomaz, M., Amaral, J., Rodriguez, W., Martins, L. (2011). Methods to estimate leaf area in coffee. *Enciclopedia Biosfera*, 7(7), 46-75.
- Suarez, J., Rodríguez, E., Duran, E. (2014). Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas de suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza. *Acta Agron* 64(4), 342-348, doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n4.44641>
- Turbay, S., Nates, B., Jaramillo, F., Vélez, J., Ocampo, O. (2014). Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia, *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 0(85), 95–112. <http://doi.org/10.14350/rig.42298>
- Vaast, P., Angrand, J., Franck, N., Dautat, J., Génard, M. (2005). Fruit load and branch ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. *Tree Physiology*, 25, 753-760, <https://doi.org/10.1093/treephys/25.6.753>
- Valencia, R., Ligarreto G. (2012), Correlación fenotípica y análisis de sendero para el rendimiento de soya (*Glycine max* (L) Merrill). *Revista Acta Agronómica*, 61 (4). https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/printerFriendly/38137/40313

HEMOPARÁSITOS EN PRIMATES NEOTROPICALES DE RELEVANCIA CLÍNICA POR SU RIESGO ZONÓTICO

Hemoparasites in neotropical primates of clinical relevance due to their zoonotic risk

 **Yenifer Marcela Salinas-Vargas**¹
E-mail: mjohannaalixa@gmail.com*

 **Juan Pablo Parra-Herrera**^{2*}
E-mail: cabenavides@udenar.edu.co

 **Edgar Martínez Moyano**³
E-mail: e.martines@udla.edu.co

¹Médico veterinario zootecnista, integrante semillero de investigación en Fauna Silvestre Ankoré. Universidad de la Amazonía Florencia, Caquetá, Colombia.

²Docente investigador, Universidad de la Amazonía. Grupo de Investigación en Fauna Silvestre. Centro de Investigación de la Biodiversidad Andino Amazónica -INBIANAM. Universidad de la Amazonía Florencia, Caquetá, Colombia.

³Biólogo, Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonía Florencia, Caquetá, Colombia.

Fecha recepción: 22 de mayo de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

Uno de los problemas sanitarios que con mayor frecuencia afecta a los primates, en estado de cautiverio, es el relacionado con la presencia de hemoparásitos y de endoparásitos, los cuales causan enfermedades infecciosas que, en algunos casos, adquieren mayor preeminencia, dada su posibilidad de transmisión hacia otras especies, incluida la humana. En tal sentido, este texto es un artículo de revisión, el cual tiene como finalidad presentar una recopilación y un análisis de la información bibliográfica, referida a los estudios que versan sobre las especies de hemoparásitos zoonóticos en primates neotropicales y sobre las enfermedades causadas por estos. Para el desarrollo de dicha investigación se realizaron búsquedas de información específica, en las bases de datos de la Universidad de la Amazonía, así como en las plataformas CATIE, Corpoica, Scielo, Redalyc, e-libro, Ambientalex.info, y Google académico, además de llevar a cabo comunicaciones personales, con representantes de instituciones involucradas en el contexto primatológico y clínico. Como resultado de este estudio se encontró que los hemoparásitos son causantes de enfermedades, las cuales pueden comprometer la sobrevivencia, tanto de los primates, como de los humanos, dada la estrecha interacción que estos tienen, en clínicas de recuperación de fauna silvestre. Igualmente, se identificó a la Tripanosomiasis (*Trypanosoma cruzi*) y a la Malaria (*Plasmodium spp.*), como las enfermedades que producen mayor mortalidad en los primates en cautiverio, con el agravante de que estas corresponden a patologías zoonóticas.

Palabras clave.

Trypanosoma cruzi, *Plasmodium spp.*, zoonosis, parásitos.

Cómo citar:

Salinas-Vargas, Y. M., Parra-Herrera, J. P., Martínez Moyano, E. (2021). Hemoparásitos en primates neotropicales de relevancia clínica por su riesgo zoonótico. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 129-145. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a4>



ABSTRACT

In captivity, one of the health problems that most frequently affects primates are hemoparasites and endoparasites, which cause infectious diseases that in some cases acquire greater relevance given their possibility of transmission to other species, including humans. This is a review article that aims to compile and analyze bibliographic information on existing studies on zoonotic hemoparasite species in neotropical primates and the diseases caused by them. For the development of the research, specific information searches were carried out in the database of the University of the Amazon, CATIE, Corpoica, Scielo, Redalyc, e-book, Ambientalex.info, academic Google and personal communications with representatives of the institutions involved. in the primatological and clinical context. As a result, it was found that hemoparasites are the cause of diseases that can compromise the survival of both primates and humans, given their close interaction in wildlife recovery clinics. Trypanosomiasis (*Trypanosoma cruzi*) and Malaria (*Plasmodium* spp) were identified as those with the highest mortality in captive primates, with the aggravation of corresponding to zoonotic pathologies.

Key words.

Trypanosoma cruzi, *Plasmodium* spp., zoonoses, parasites.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Asociación Primatólogica Colombiana – ACP (2015), en el neotrópico existen 174 especies de primates, las cuales pertenecen a diecinueve géneros y a cinco familias (*Cebidae*, *Callitrichidae*, *Aotidae*, *Pitheciidae* y *Atelidae*); por dicha razón, se considera a esta como la región con mayor riqueza de primates en el mundo. A su vez, Colombia ocupa el cuarto lugar a nivel mundial y el tercero en Latinoamérica, respecto del número de especies de primates que se encuentran registradas, con treinta y nueve especies y con cuarenta y cinco subespecies, de las cuales seis son endémicas (Echeverry y Castañeda, 2015).

Estas especies son consideradas importantes para la conservación del bosque tropical, ya que, debido a sus adaptaciones anatómicas, tanto como a sus sistemas sociales y comportamentales (Estrada *et al.*, 2017), aquellas tienen gran relevancia en la funcionalidad de los ecosistemas en los que habitan, principalmente por su rol como dispersoras de semillas (Ruivo *et al.*, 2005). Además de lo anterior, los primates aportan una alta proporción de biomasa animal a los suelos de los bosques, formando parte esencial en el flujo de energía del sistema boscoso. Estos también son controladores de enfermedades que son transmitidas por vectores, dado su alto consumo de artrópodos; igualmente, son considerados como embajadores conservacionistas de los hábitats tropicales, ya que son reconocidos como iconos esenciales para la educación ambiental de las poblaciones locales (Rylands *et al.*, 1997) (Defler, 2010).

Sin embargo, en la actualidad las actividades antropogénicas, como lo son la destrucción de bosques, la introducción de especies invasoras, el cambio de uso del suelo (Champman y Peres, 2001) y el tráfico ilegal, han afectado la diversidad biológica de las especies antes

referidas (Acevedo y Duffus, 2009). De igual modo, además de las afectaciones antes mencionadas, los primates se han visto afectados por numerosas enfermedades, las cuales suelen ser de origen bacteriano, viral, micótico o parasitario (Suzán y Ceballos, 2000).

Siguiendo esta línea, dentro las enfermedades parasitarias, los hemoparásitos (*Plasmodium spp* y *Trypanosoma spp*) son los que han mostrado tener mayor relevancia clínica, por las razones que se enumeran a continuación: a) generan importantes alteraciones fisiológicas que deterioran la salud del animal hasta la muerte (Monsalve *et al.*, 2009); b) algunos de estos organismos pueden ser transmitidos a los primates por vectores mecánicos y biológicos, siendo de gran interés para su estudio, dado que una de las principales fuentes de trasmisión de este tipo de hemoparásitos son las garrapatas y mosquitos, las cuales son muy adaptables a las condiciones climáticas del trópico (Labarthe *et al.*, 2003); c) algunas de las enfermedades por hemoparásitos son zoonóticas, llegando a causar afectaciones a los seres humanos y posibilitando la existencia de serios compromisos para la salud pública a futuro (Domínguez, 2011).

Dado el contexto antes referido, la presente investigación tuvo como objetivo la realización de un estado del arte analítico, que permita entender la relevancia clínica, por su riesgo zoonótico, de los hemoparásitos en primates neotropicales. Ello, a través de la recopilación y el estudio de la información que existe sobre el tema en la actualidad, y a partir de la cual es posible analizar los diferentes métodos de diagnóstico, los efectos clínicos, la transmisión, el tratamiento y los métodos de prevención de las enfermedades causadas por hemoparásitos.

METODOLOGÍA

Área de enfoque del estudio

Este estudio se concentró en información obtenida de investigaciones hematológicas y de clínicas que pertenecen a hogares de paso para fauna silvestre en Colombia, especialmente en la región de la Amazonia colombiana. A su vez, dicha información está soportada por autores internacionales, y por fuentes secundarias, abarcando aspectos relacionados con hemoparásitos en primates neotropicales; también estableciendo la relación entre vectores artrópodos y la transmisión de hemoparásitos y examinando el posible riesgo de los hemoparásitos de los primates, para la salud pública.

Recopilación de información secundaria

Para llevar a cabo este trabajo monográfico se realizó un compendio bibliográfico, consultando fuentes relacionadas con experiencias inherentes a hemoparásitos en primates neotropicales. Con la finalidad de cumplir el objetivo propuesto se inspeccionaron las bases de datos de la Universidad de la Amazonía, así como las de plataformas como CATIE, Corpoica, Sinchi, Scielo, Redalyc, ProQuest, e-libro, Ambientalex.info, Google académico, Google documentos

y Google libros; igualmente se revisó material impreso que se encuentra en la biblioteca de la Universidad de la Amazonía. También se realizaron comunicaciones personales con representantes de instituciones involucradas en el contexto primatológico y clínico y se utilizó información afín proveniente de fuentes que lograron aportar significativamente, en el curso de la investigación.

La elaboración del trabajo se realizó en medio magnético, con el empleo de un computador que incluía los programas *Microsoft Word* (2010) y *Adobe Reader*, para la visualización del material bibliográfico que resultó como producto de la búsqueda en diferentes bases de datos y plataformas. Se requirió además del uso de internet como herramienta para la búsqueda del material bibliográfico, empleando el buscador *Google Chrome*.

Aspectos abordados en el documento monográfico

Para el presente estudio se consideraron diferentes aspectos, a fin de identificar y de evidenciar el riesgo que generan los hemoparásitos en primates neotropicales. Lo anterior, en tanto se entiende que estos son los causantes de importantes problemáticas y de enfermedades en diversas especies de animales, con especial énfasis en los que interesan a este estudio, que con los primates del neotrópico. Así pues, se entiende fundamental este análisis, ya que, por referencia y cercanía con las clínicas y los hogares de paso de la Universidad de la Amazonia, estos pueden originar una grave problemática de salud pública, debido al amplio y estrecho contacto que existe entre animales y humanos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la monografía aquí propuesta aborda los aspectos referidos a continuación:

Clasificación de los primates; distribución geografía; hábitat y alimentación. Tal y como se ha indicado en el presente documento, los primates neotropicales se encuentran bien definidos a partir de diferentes autores, especificando su distribución geográfica, su hábitat y su alimentación específica, por lo cual se logra, mediante esta monografía, dejar claros los aspectos antes mencionados.

- **Hemoparásitos:** se define su descripción taxonómica; su relación entre vectores-huéspedes y sus antecedentes sobre los primates neotropicales.
- **Enfermedades de mayor relevancia en primates neotropicales, causadas por hemoparásitos:** a partir de lo que definen los diferentes autores, se determinan las enfermedades de mayor importancia en los primates del neotrópico (Tripanosomiasis y Malaria), que son de carácter zoonótico, las cuales pueden afectar la salud humana. De igual modo, sustentados en referentes teóricos mundiales, se evidencia el ciclo biológico y la transmisión, la patogenia y la presentación clínica, así como el diagnóstico, el tratamiento, control y la prevención de cada una de ellas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hemoparasitosis en primates neotropicales

La importancia de los primates no humanos ha sido ampliamente demostrada por la comunidad científica, desde el campo biomédico y ecológico, tanto para el caso colombiano como a nivel mundial.

Desde la biomedicina, específicamente por su uso como modelos experimentales para beneficio de la salud humana (fisiología en vuelos espaciales, enfermedades cardiovasculares, inducción de la ovulación, enfermedades parasitarias, investigaciones de malaria, entre otras) (Whitehouse y Duffus, 2009). En la ecología, por su rol en la propagación y dispersión de semillas, participando en el mantenimiento del equilibrio y de la complejidad de los ecosistemas tropicales donde habitan.

Sin embargo, en la actualidad las actividades antropogénicas, como la destrucción de los bosques, la introducción de especies invasoras, el cambio de uso del suelo (Champman y Peres, 2001) y el tráfico ilegal, han afectado su diversidad biológica (Whitehouse y Duffus, 2009). De igual modo, además de las afectaciones antes mencionadas, los primates también se han visto afectados por numerosas enfermedades, las cuales suelen ser de origen bacteriano, viral, micótico o parasitario (Suzán, 2000).

Siguiendo esta misma línea, los primates son considerados hospederos de numerosos parásitos, cuya presencia no es necesariamente patógena, ya que forman parte de un ecosistema en equilibrio, entre el parásito y el hospedero (Arrojo, 2002). Sin embargo, cuando los animales se encuentran en confinamiento pueden ser más susceptibles a la infección parasitaria, debido a situaciones como el estrés causado por el cautiverio, el espacio limitado para su movimiento, el hacinamiento con otros animales, la densidad de animales en los lugares de refugio, el cambio de dieta, la interacción con personas, la manipulación que sobre ellos se genera, entre otros aspectos (Chinchilla *et al.*, 2007). Todos estos factores disminuyen la capacidad inmunológica del animal y propician el surgimiento de enfermedades parasitarias (Stoner *et al.*, 2005; Merck, 2007); por lo tanto, es fundamental identificar y prevenir los parásitos, tanto para la conservación de la especie, como para la salud humana (Nunn *et al.*, 2003).

A su vez, las enfermedades parasitarias están relacionadas con el medio ambiente y con el tipo de alimentación y el manejo que reciben los animales. Se ha registrado que la presencia de parásitos puede afectar significativamente los valores hematológicos y la condición corporal en animales silvestres, afectando seriamente su proceso de rehabilitación y la posterior reintroducción a su hábitat (Jaramillo y Pérez, 2007). Sobre este aspecto es necesario indicar que, dentro de los parásitos más reconocidos como causantes de enfermedades de relevancia clínica en primates, se encuentra *Trypanosoma cruzi* y *Plasmodium* spp.

Antecedentes de hemoparásitos en primates neotropicales

Algunas de las evidencias plausibles sobre la infección por hemoparásitos en primates no humanos las presenta Silva *et al.* (2019), Reichard *et al.* (2011) y Chinchilla *et al.* (2005). Dichos autores, respectivamente, confirmaron la identificación de *Plasmodium vivax* y *P. falciparum*, agente causal de malaria en mono ardilla (*Saimiris ustus*); de *Babesia microti*, responsable de babesiosis/piroplasmosis en ejemplar de babuino (*Papio cynocephalus*) y de *Trypanosoma minasense*, causante de la enfermedad de chagas en un mono aullador (*Alouatta palliata*).

Rondón *et al.* (2011) informó a cerca de la detección de *Plasmodium falciparum*, en dos muestras fecales de mono aullador (*Alouatta seniculus*) y *Plasmodium vivax* en muestras de *Ateles hybridus* y *Cebus versicolor*, en un fragmento de bosque en Colombia. De igual manera, se ha informado que algunas especies de *Anopheles albitarsis*, *An. benarrochi*, *An. braziliensis*, *An. costai*, *An. darlingi*, *An. mattogrossensis*, *An. neomaculipalpus*, *An. oswaldoi*, *An. punctimacula*, *An. Rangeli* y *An. triannulatus* presentan una alta relación con infección por *Plasmodium* (Rondón *et al.*, 2019).

Entre los estudios epidemiológicos sobre hemoparásitos en primates neotropicales, también se deben incluir los de Bahía *et al.* (2016), quien informó sobre una tasa de prevalencia de *Trypanosoma cruzi*, en el 12,5% de una población de monos aulladores en Brasil.

Enfermedades de Mayor Relevancia en Primates Neotropicales, Causadas por Hemoparásitos.

Tripanosomiasis (Trypanosoma cruzi)

La enfermedad de Chagas, también conocida como tripanosomiasis americana, es una enfermedad potencialmente mortal que infecta entre dieciséis a veinte millones de personas, en sur y Centroamérica. Además de ello, noventa millones están en riesgo de infectarse por esta patología, la cual es causada por el parásito protozoo *Trypanosoma cruzi* (*T. cruzi*), el cual pertenece al reino Protista, filo Sarcomastigophora; subfilo Mastigophora; clase Zoomastigophora; orden Kinetoplastida; familia Trypanosomatidae; genero Trypanosoma (Arias, 2017). El *Trypanosoma cruzi* parasita los glóbulos rojos de mamíferos; en el huésped invertebrado–vector, el microorganismo puede adoptar diferentes morfologías pero, en el huésped vertebrado– humanos, primates no humanos y ratones, las células toman una característica forma denominada tripomastigota, en la cual el flagelo corre de atrás hacia adelante de la célula y se conecta por una membrana ondulante (Arias, 2017).

Por su parte, en países latinoamericanos como Brasil se han llevado a cabo diversos estudios, acerca de la infección de *T. cruzi* en primates no humanos, los cuales han servido para comprender los aspectos clínicos de esta enfermedad en dichas especies, así como el papel de

los primates en el mantenimiento del protozoo y, en general, lo respectivo a las alteraciones ecosistémicas que la enfermedad en mención puede acarrear (López *et al.*, 2014). A su vez, en Colombia se calcula que entre 0,7 y 1,3 millones de personas están infectadas con *T. cruzi*, y que de 3 a 4 millones se encuentran en riesgo de adquirir la infección. El parásito es prevalente, tanto a lo largo del valle del río Magdalena, como en el altiplano cundiboyacense, en la región del Catatumbo, en la Sierra Nevada de Santa Marta, en el piedemonte llanero y en la Serranía de La Macarena (Moncayo y Silveira, 2009). Los departamentos con las mayores tasas de infección son Arauca (21,1 %), Casanare (10 %), Santander (6,3 %), Norte de Santander (5,2 %), Boyacá (3,7 %), Cundinamarca (1,9 %) y Meta (1,7 %) (Moncayo y Silveira, 2009).

Patogenia y presentación clínica

Lo relevante de la tripanosomiasis en los primates radica en el negativo impacto que causa, respecto del desmejoramiento de la condición física, del retardo en el crecimiento, y de los problemas reproductivos tales como la infertilidad y los abortos, que puede acarrear (Suzán *et al.*, 2000). Esta enfermedad se caracteriza por presentar dos fases, una aguda y una crónica. Varios estudios han demostrado que los primates desarrollan manifestaciones clínicas muy similares, a las observadas en la enfermedad de Chagas humana (Zabalgoitia *et al.*, 2003).

En la fase aguda de la enfermedad se pueden observar varios signos y síntomas, como el chagoma de inoculación, el parasitemia patente, los anticuerpos IgM e IgG específicos de *T. cruzi*, y leucocitosis y linfocitosis. Los datos histopatológicos revelan un parasitismo cardíaco intenso y un infiltrado inflamatorio pronunciado, junto con fibrosis miocárdica con depósitos de colágeno (Carvalho *et al.*, 2012). Además de eso, también se han evidenciado alteraciones cardíacas en estos animales, como los que muestra un electrocardiograma anormal y se ha observado que las células del músculo cardíaco presentan graves daños (Carvalho *et al.*, 2003). Un estudio realizado por Bonecini *et al.* (1990) evidenció patrones electrocardiográficos anormales en monos Rhesus, infectados por *T. cruzi* durante la fase aguda; estos resultados evidenciaron un bloqueo en la aurícula ventricular, un bloqueo de rama derecha; un haz de his de primer grado, un complejo QRS de bajo voltaje y una repolarización ventricular anormal. De manera controvertida, también se demostró que la fase aguda en estos primates puede ser letal.

En esta revisión, el 50% de los estudios en primates informaron anemia, disminución del número de leucocitos, cambios en la hemoglobina y porcentaje de eritrocitos totales, siendo estos datos comunes en enfermedades causadas por bacterias o por protozoos (Stockham y Scott, 2013). Resultados similares de estudios se encontraron en murinos (Repka *et al.*, 1985), coatis (Herrera *et al.*, 2004) y perros infectados con *Trypanosoma* (Rashid *et al.*, 2008), los cuales también mostraron una disminución en el hematocrito y una alta incidencia de anemia. A su vez, la infección por *T. cruzi* en primates reduce la vida útil de los eritrocitos y destruye los anticuerpos; esto, debido a la disminución de la actividad de la médula ósea y a la disminución de los precursores de eritrocitos por la citotoxicidad (Marcondes *et al.*, 2000) (Kook *et al.*,

2001); también por las citocinas secretadas por leucocitos o macrófagos, como consecuencia de la respuesta del organismo a la presencia de este hemoparásito (Marcondes *et al.*, 2000) (Bonecini *et al.*, 1990).

Diagnóstico

Los métodos diagnósticos específicos para la determinación de *T. cruzi* son los referidos a continuación: a) la demostración directa de la presencia del parásito por observación microscópica o en forma indirecta, por xenodiagnóstico, inoculación de animales de laboratorio y hemocultivo (Pumarola *et al.*, 2012). Entre las técnicas más utilizadas se distinguen las siguientes:

Técnica de Woo del tubo capilar: esta técnica se utiliza para diagnosticar parásitos con movimiento propio, específicamente para Tripanosomas y microfilarias. Para la realización de esta se llena los microhematocritos con sangre del primate a evaluar; posterior a ello, se taponan de un lado y se centrifugan a 1500 rpm, durante 3-5 minutos (López, 2014). Los microhematocritos se colocan en una lámina de woo y se fijan al portaobjeto; la observación se hace en la zona que separa el sedimento del plasma y su lectura se hace con el objetivo de menor aumento (Pumarola *et al.*, 2012).

Buffy-coat o capa leucocitaria: es la capa de color blanco que se obtiene luego de centrifugar sangre anticoagulada, compuesta por glóbulos blancos y plaquetas, quedando por debajo la columna de glóbulos rojos. Esta técnica se realiza por el extendido y tinción en portaobjetos de esta zona, en la cual se logra visualizar los glóbulos blancos concentrados, aumentando así la posibilidad de ver inclusiones dentro de los mismos, tales como las tripomastigotes de *T. cruzi*, obteniendo así un valioso diagnóstico para la clínica, con una técnica rápida y simple (López, 2014).

Otro método de diagnóstico utilizado en la identificación de tripanosomas es la siguiente: b) pruebas serológicas (Pumarola *et al.*, 2012). Las pruebas serológicas son una de las técnicas comúnmente más empleadas para el diagnóstico de estas enfermedades. Consiste en detectar la presencia del agente mediante la valoración de la respuesta inmunitaria humoral del hospedador, midiendo la producción de anticuerpos; a partir de esta se puede observar un título elevado de anticuerpos, tras la exposición al agente, en cualquier fase de la enfermedad, e incluso tras el tratamiento (Georgis, 2011).

Tratamiento

Independientemente de la relevancia de la intervención terapéutica para controlar la morbilidad y la progresión clínica de la enfermedad de Chagas, en la actualidad, solo existen dos medicamentos disponibles, para tratar huéspedes infectados; estas son Benznidazol [BNZ] (Ragonil®, Rochagan®, Radanil®) y Nifurtimox [NF] (Lampit®). El Benznidazol se

prescribe en dosis de 5 mg/kg/día, durante 30-60 días y el Nifurtimox se prescribe en dosis de 5-7 mg/kg/día, incrementando 2 mg cada dos semanas, hasta llegar a 16 mg/kg, durante 60-120 días (Pinto *et al.*, 2008) (Pereira *et al.*, 2009). Ambos medicamentos son eficaces casi en un 100% para curar la enfermedad, si estos se administran al comienzo de la infección, en la etapa aguda, e incluso en los casos de transmisión congénita. Sin embargo, su eficacia disminuye a medida que transcurre el tiempo de la infección (Stockham y Scott, 2013) y también, cuando los primates tiene edades avanzadas (Chinchilla *et al.*, 2005).

Varios estudios han demostrado que la eficacia de los agentes terapéuticos contra *T. cruzi* está influenciada por la carga parasitaria, por el genotipo y por las características intrínsecas de la respuesta inmune del huésped. Los estudios centrados en aspectos relacionados con el efecto sinérgico de la respuesta inmune y con los agentes quimioterápicos en humanos y en primates son aún escasos (Sathler *et al.*, 2018).

Control y prevención

El *T. cruzi* puede infectar a muchas especies de triatomíneos, la gran mayoría de las cuales se encuentran en la región de las Américas (Quiroz, 1990). Los objetivos de control consisten en eliminar la transmisión y lograr que la población infectada y enferma, tenga acceso temprano a la asistencia sanitaria. A su vez, el control vectorial ha sido el método más útil para prevenir la enfermedad (Becerril, 2011). En América Latina, desde 1922 hasta 2011, se han reportado, en diferentes regiones de Brasil, Venezuela, Colombia, Bolivia, Guyana Francesa, Argentina y Ecuador, alrededor de 1.000 casos de infección aguda por *T. cruzi* en humanos (Shikanai y Carvalho, 2012). Brasil registra el mayor número de casos, teniendo alrededor de 587 de estos, seguido por Venezuela con 199 casos, Colombia con 80 casos, Bolivia con 14, Guyana Francesa con 9 y Argentina con 2 casos (Rueda *et al.*, 2014).

Teniendo en cuenta la información anterior, se han empezado a utilizar técnicas para el control y la prevención de la enfermedad de chagas en primates. Entre las más utilizadas se destacan, por ejemplo, el rociamiento de los hogares de paso de vida silvestre y sus alrededores, con insecticidas de acción residual; también la implementación de medidas preventivas personales, como es el empleo de mosquiteros, así como buenas prácticas higiénicas en la preparación, el transporte, el almacenamiento y el consumo de los alimentos para los primates (Quiroz, 1990).

Malaria (*Plasmodium spp.*)

Dentro de los parásitos más reconocidos como causantes de enfermedades en primates se encuentra el *Plasmodium spp.*, agente causal de la malaria, el cual se transmite por la picadura de un mosquito infectado del género *Anopheles spp.* El *Plasmodium spp.* es un género de protistas del que se conocen más de 175 especies; de este, alrededor de 5 especies pueden presentar potencial zoonótico (Martínez *et al.*, 2012).

A su vez, dichos parásitos poseen una distribución mundial restringida a regiones pobres del trópico y subtropical, en África, Asia y América Latina. Según la OMS, en humanos este parásito es causante de alrededor de 250 millones de casos de infección y alrededor de 627 mil muertes al año, lo que convierte a la Malaria en una de las enfermedades con mayor relevancia para la salud pública, a nivel mundial (Bueno *et al.*, 2013).

Por su parte, respecto de la malaria en primates no humanos se sabe que alrededor de 30 especies de *Plasmodium* spp los infectan; *Plasmodium simium* y *Plasmodium brasilianum* en Suramérica y *Plasmodium cynomolgi*, *Plasmodium inui* y *P. knowlesi* en el sudeste asiático (Escalante *et al.*, 1995; Rich *et al.*, 2003). Un estudio realizado en la región Amazónica reportó una prevalencia del 21% de malaria en esta región, en diferentes especies de primates, en las cuales el *Plasmodium brasilianum* fue considerado como el principal causante de la malaria en primates del neotrópico, logrando afectar a un gran número de especies, en 11 géneros (Familias Cebidae y Atelidae) y siendo morfológicamente similar a *Plasmodium malariae* (Nunn y Heymann, 2005). Por su parte *Plasmodium simium* afectó a solo dos especies de primates (*Alouatta guariba* y *Brachyteles arachnoides*) y estuvo relacionada filogenéticamente con *P. vivax* (Huffman *et al.*, 2009).

Patogenia y presentación clínica

En los primates, generalmente los síntomas están relacionados con la carga parasitaria en sangre, por lo cual, en la mayoría de los casos, estos se observan asintomáticos. Sin embargo, al igual que en los humanos, esta puede causar anemia e ictericia (Bordes *et al.*, 2011), así como taquipnea y taquicardia, los cuales son los signos clínicos comunes; además, se puede ocasionar hepatomegalia y esplenomegalia (Collins *et al.*, 2004).

Entre las alteraciones más frecuentes que se observan en el laboratorio clínico, se encuentran la trombocitopenia sin presencia de hemorragias; además, en otros estudios se ha informado hiponatremia (de Alvarenga *et al.*, 2015). Las complicaciones descritas incluyen síndrome de dificultad respiratoria, hiperparasitemia e ictericia con bilirrubina elevada, así como falla renal (a pesar de la rehidratación), hipotensión grave e hipoglucemia grave (de Alvarenga *et al.*, 2015); algunas de estas patologías descritas se observan en un caso mortal en Borneo (Spangler *et al.*, 1978); en otro caso se ha informado trombocitopenia grave (Van Hellemond *et al.*, 2009). Se ha propuesto además que el síndrome de dificultad respiratoria, en pacientes con *Plasmodium* sp, es pulmonar y no metabólico, y que existe una estrecha asociación entre la hiperparasitemia y esta complicación, lo que sugiere un aumento de la capilaridad pulmonar, por los efectos propios del parásito (Lacerda *et al.*, 2011).

Diagnóstico

El diagnóstico de la malaria, en la mayoría de los casos, se apoya en técnicas de microscopía, las cuales incluyen frotis frescos de sangre, acompañada de tinciones como Wright y Giemsa,

para la identificación de la morfología del parásito (Pereira *et al.*, 2015). En el caso de los mamíferos, se recomienda rasurar la zona donde se tomará la muestra, ya sea la oreja o cola, antes de tomar la muestra de sangre. Esta técnica presenta desventajas, ya que la identificación e interpretación se convierte en un proceso laborioso, si se trata de muchas muestras y, además, se requiere de personal capacitado en el laboratorio para llevarlas a cabo (Tangpukdee *et al.* 2009). Por su parte, los frotis de sangre delgada y gruesa son teñidos en solución de Giemsa y se examinan mediante microscopía de campo brillante, con un lente objetivo de inmersión, para la identificación de especies y para las estimaciones de la densidad de los parásitos (Pereira *et al.*, 2015). Lo ideal es examinar frotis de sangre para un mínimo de 100 campos, en el caso de la presencia de parásitos de la malaria y, 500 campos, cuando no se logran detectar parásitos. Posteriormente, se registra el número de parásitos por 200 glóbulos blancos, o por 500 glóbulos blancos, en el caso de parasitemia baja. Para estimar la densidad del parásito se asume un recuento medio estándar de glóbulos blancos, de 6000 glóbulos blancos, por μL de sangre (Tangpukdee *et al.* 2009).

Las técnicas de PCRs han demostrado ser eficientes, en el caso de parasitemias bajas, e incluso, para detectar infecciones mixtas (Hassanpour *et al.* 2011). En los últimos años, las técnicas de biología molecular han sido utilizadas en el diagnóstico y durante el tratamiento de muchas enfermedades infecciosas, así como en el control de dadores de sangre, en la identificación de diferentes cepas, en estudios de polimorfismo parasitario, de resistencia a drogas y de transmisión. Varios autores han utilizado esta técnica para el diagnóstico de paludismo (Barker *et al.*, 1986; Barker, 1990), pero fueron detectadas varias deficiencias y desventajas en su implementación, principalmente la baja sensibilidad en la detección de infecciones con parasitemias bajas. Además, las técnicas moleculares pueden ser consideradas como herramientas importantes en el diagnóstico (principalmente de individuos pauciparasitados), en estudios epidemiológicos, en el acompañamiento de la terapéutica antimalárica y en la investigación de malaria postransfusional (Brasil *et al.*, 2013).

Tratamiento

Para el tratamiento de un cuadro agudo de *Plasmodium* spp puede emplearse la cloroquina, la cual se ha utilizado demostrando éxito en diferentes estudios, en los cuales ha sido implementado el tratamiento por vía oral. La cloroquina se prescribe en dosis de 5 mg/kg a las 6, 24 y 48 horas (Sabbatani *et al.*, 2009). Algunos casos individuales de infección natural también tuvieron respuesta exitosa, con el mismo esquema de cloroquina (Van Hellemond *et al.*, 2009). Con la cloroquina, la eliminación del parásito ocurre más rápidamente y la velocidad de la depuración es más rápida (Van Hellemond *et al.*, 2009). Los pacientes con *Plasmodium simium* resistente a la cloroquina pueden ser tratados con mefloquina, halofantrina o sulfato de quinina, más tetraciclinas o sulfonamidas (Pereira *et al.*, 2015). Otros medicamentos que se han empleado con éxito en casos individuales son atovacuona-proguanilo, 250 mg/100 mg, en cuatro dosis por tres días (Figtree *et al.*, 2010), así como mefloquina y quinina con doxiciclina (Kantele *et al.*, 2008). Para en estos dos últimos

medicamentos no se ha reportado la dosis empleada.

Control y prevención

Nunn *et al.* (2005), mediante un estudio comparativo de primates neotropicales por la infección de malaria y atendiendo al comportamiento del huésped, ha reportado que la prevalencia de la malaria aumenta con el incremento en el tamaño grupal y disminuye en ciertas zonas usadas como dormitorios, es decir, en los huecos de los árboles y en las marañas de la vegetación, ya que en estos espacios se minimizan las posibilidades de detección, por parte de los mosquitos vectores, siendo una ventaja especial para monos nocturnos, conocidos por tener este tipo de comportamiento para dormir.

Por su parte, Grigg y Snounou (2017) consideran a los monos brasileños como reservorios de *P. vivax*. La presencia de reservorios selváticos es relevante, ya que puede amenazar potencialmente las campañas exitosas de eliminación de la malaria (Grigg y Snounou, 2017). Específicamente para el contexto colombiano, debe tenerse en cuenta la presencia de monos infectados, al dilucidar el riesgo potencial de infección humana. Los resultados de los estudios proporcionan evidencia de un riesgo potencial de transmisión zoonótica de la malaria, en términos de especies de *Plasmodium*, que infectan a los primates y de *Anopheles*, que pueden tener un efecto negativo, tanto en las poblaciones humanas, como en las de los primates (Rondón *et al.*, 2019).

Además de lo anterior, se considera que estos resultados abren puertas para evaluar el alcance de esta amenaza zoonótica, reconocida para la salud pública y, tras ello, se entiende necesario buscar métodos de control o de eliminación de la malaria (Brasil *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Los hemoparásitos causantes de enfermedades de carácter zoonótico, como los son el Chaga (*T. cruzi*) y la Malaria (*Plasmodium* sp), actualmente son considerados como el principal riesgo para la vida de los primates neotropicales y para la salud pública.

Un diagnóstico a tiempo, basado en la ejecución de examen clínico bien realizado y de una valoración efectiva, por parte del médico veterinario tratante, acompañada además de un buen diagnóstico de laboratorio (pruebas sanguíneas, serologías, pruebas moleculares y test rápidos), son considerados como el mejor método para implementar un correcto protocolo terapéutico de tratamiento, que a su vez sea efectivo para el control de la enfermedad por hemoparásitos, detectada en animales. Igualmente, la enfermedad de Chagas puede tratarse con benznidazol y con nifurtimox; estos medicamentos están en capacidad de matar al parásito, con una respuesta de casi el 100%, si se administran durante la etapa aguda. A su vez, los pacientes con *Plasmodium* sp, pueden ser tratados con cloroquina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, Y., Alvarez, J., Vargas, V., Hernández, C., García, G. y Soto, I. (2014). Clinical and parasitological evaluation of White-footed Tamarins (Primates: Cebidae: *Saguinus leucopus*) from two free-range populations located in San Carlos and San Rafael (Antioquia, Colombia). *Rev CES Med Zootec*, 9(1), 68-83.
- Araujo, M., Messias, M., Figueiró, M., Gil, L., Probst, C., Vidal, N., Haturagawa, T., Krieger, M., da Silva, L. y Osazki, L. (2013). Natural *Plasmodium* infection in monkeys in the state of Rondônia: Brazilian Western Amazon. *Malaria Journal*, 12(180), 1-8.
- Arias, S. (2017). *Prevalencia de hemoparásitos en la población de Alouatta seniculus del centro de atención y valoración de fauna silvestre de Córdoba*. Proyecto de investigación. Universidad de Córdoba.
- Asociación Primatológica Colombiana. (2015). Diversidad de primates en América: orgullo neotropical. Asociación Primatológica Colombiana. shorturl.at/jrDLY
- Bonecini-Almeida, M.G., Galvão-Castro, B., Pessoa, M.H.R., Pirmez, C. y Laranja, F. (1990). Experimental Chagas Disease in Rhesus Monkeys. I. Clinical, Parasitological, Hematological and Anatomic-Pathological Studies in the Acute and Indeterminate Phase of the Disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 85(2), 163-171
- Brasil, P., Costa, A.P., Longo, C.L., Silva, S., Ferreira-da-Cruz, M.F. y Daniel-Ribeiro, CT. (2013). Malaria, a difficult diagnosis in a febrile patient with sub-microscopic parasitaemia and polyclonal lymphocyte activation outside the endemic region, in Brazil. *Malar J*, 12, 402.
- Brasil, P., Zalis, M. G., Pina-costa, A. De, Siqueira, A. M., Júnior, C. B., & Silva, S. (2017). Outbreak of human malaria caused by *Plasmodium simium* in the Atlantic Forest in Rio de Janeiro: a molecular epidemiological investigation. *Articles*, (17). [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30333-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30333-9)
- Bueno, M. (2003). *Importance of genetic characterization of wild animals in zoos, wildlife rehabilitation centers and stud farms*. Lyonia.
- Carvalho, C.M.E., Andrade, M.C.R., Xavier, S.S., Mangia, R.H.R., Britto, C.C. y Jansen, A.M. (2003). Chronic Chagas' Disease in Rhesus Monkeys (Macaca Mulatta): Evaluation of Parasitemia, Serology, Electrocardiography, Echocardiography, and Radiology. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 68(6), 683-691
- Carvalho, C.M.E., Silverio, J.C., Silva, A.A., Pereira, I.R., Coelho, J.M.C. y Britto C.A.

- (2012). Inducible Nitric Oxide Synthase in Heart Tissue and Nitric Oxide in Serum of *Trypanosoma cruzi*- Infected Rhesus Monkeys: Association with Heart Injury. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(5), e1644. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001644
- Chapman, C. A., y Peres, C. A. (2001). *Primate conservation in the new millenium: the role of Scientist*. Nature.
- Chinchilla, M., Troyo, A., Guerrero, O., Gutiérrez, G. y Sánchez, R. (2005). Presencia de *Trypanosoma minasense* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) en *Alouatta palliata* (Primates: Cebidae) de Costa Rica. *Parasitol Latinoam*, 60, 90-92.
- Collins, W.E., Contacos, P.G., Skinner, J.C., Stanfill, P.S. y Richardson, B.B. (1981). Susceptibility of Peruvian Aotus monkeys to infection with different species of *Plasmodium*. *Am J Trop Med Hyg*, 30, 26-30.
- De Alvarenga, D.A., de Pina-Costa, A., de Sousa, T.N., Pissinatti, A., Zalis, M.G. y Suárez-Mutis, M.C. (2015). Simian malaria in the Brazilian Atlantic Forest first description of natural infection of capuchin monkeys (Cebinae subfamily) by *Plasmodium simium*. *Malar J*, 14, 81–81.
- Defler, T. (2010). *Historia Natural de los Primates Colombianos*. (2da Ed). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
- Defler, T. (2013). Aspectos sobre la conservación de los primates colombianos: ¿Cuál es el futuro? En: T. R. Defler, P. R. Stevenson, M. L. Bueno y D. C. Guzmán-Caro (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción* (pp. 3-22). Asociación Primatológica Colombiana.
- Echeverry, D., y Castañeda, F. (2015). Evaluation of hematological parameters of the white-footed tamarin (*saguinus leucopus* Gunther 1876) in captivity according to age and sex. *Veterinaria y Zootecnia*, 9 (1), 34-48. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2015.9.1.5>
- Georgis, P. (2011). *Parasitología para veterinarios* D.D. Bowman.
- Giudice, A., Bruno, G. y Mudry, M. (2011). Manejo de primates en cautiverio: interpretación de marcadores etológicos de adaptación en *Cebus libidinosus* juveniles. *InVet*, 13(1), 87-91.
- Herrera, H.M., Dávila, A.M.R., Norek, A., Abreu, U.G., Souza, S.S., D'Andrea, P.S. y Jansen, A.M. (2004). Enzootiology of *Trypanosoma evansi* in Pantanal, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 125, 263–275.

- Jaramillo-Gallego, S. y Pérez-Roldán, A. (2007). *Parámetros hematológicos y química sanguínea en primates de las familias Atelidae y Cebidae del Centro de Atención y Valoración en Fauna Silvestre (CAV) y Zoológico Santa Fe*. Universidad CES.
- Kook, H., Zeng, W., Guibin, C., Kirby, M., Young, NS. y Maciejewski, J.P. (2001). Increased cytotoxic T cells with effector phenotype in aplastic anemia and myelodysplasia. *Experimental Hematology*, 29, 1270–1277.
- Lacerda, M.V., Mourão, M.P., Coelho, H.C. y Santos JB. (2011). Thrombocytopenia in malaria: who cares? *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 106 (Suppl. 1), 52–63.
- López, G., Peña, J. y Brieva, C. (2014). Infección por protozoarios en individuos de tití bebe leche -*S. fuscicollis*-, tití cabeza blanca -*S. oedipus*-, tití ardilla -*S. sciureus*-, *suricato* -*S. suricatta*- y Wallabie de Bennett M. *rufogriseus*-. descripción de casos. *Rev Fac Med Vet Zoot*, 61(2), 153-163.
- Maldonado, A. (2013). Diagnóstico sobre el comercio de monos nocturnos *Aotus* spp. en la frontera entre Colombia, Perú y Brasil. En: T. R. Defler, P. R. Stevenson, M. L. Bueno y D. C. Guzmán-Caro (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción* (pp. 39-67). Asociación Primatológica Colombiana.
- Malvezi, A.D., Cecchini, R., de Souza, F., Tadokoro, C.E., Rizzo, L.V. y Pinge-Filho, P. (2004). Involvement of nitric oxide (NO) and TNF-alpha in the oxidative stress associated with anemia in experimental *Trypanosoma cruzi* infection. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 41, 69–77.
- Moncayo, A., y Silveira, A.C. (2009). Current epidemiological trends for Chagas disease in Latin America and future challenges in epidemiology, surveillance and health policy. *Mem.Inst. Oswaldo Cruz*, 104(1), 17-30.
- Monsalve, H., Lozano, I., Gómez, S., Román, L., Jaramillo, A., Arias, A., Carvajal, A. y Galvis, L. (2007). Valoración hematológica, diseño de dietas y comportamiento de *Saguinus leucopus* (Primate: Cebidae) en cautiverio. *Revista de Investigación*, 7(1), 117-125.
- Monsalve, S., Mattar, S. y Gonzáles, M. (2009). Zoonosis transmitidas por animales silvestres y su impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes. *Rev.MVZ Córdoba*, 14(2), 1762-1773.
- Pereira, K.S., Schmidt, F.L., Guaraldo, A.M., Franco, R.M.B., Dias, V.L. y Passos, L.C. (2009). Chagas' disease as a foodborne illness. *J Food Prot*, 72, 441-6.
- Pereira, M., Fátima, S., Pereira, T., y Zacarias, R. (2015). Natural *Plasmodium* infection in

- neotropical primates in the island of São Luís, state of Maranhão, Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 24 (2), 122–128. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612015034>
- Perkins, S. y Schall, J. (2002). A molecular phylogeny of malarial parasites recovered from Cytochrome b gene sequences. *Journal of Parasitology*, 88 (5), 972-978
- Pumarola, A., Rodríguez, J. y García, G. (2012). *Microbiología y parasitología médica*. (2da ed.) Salvat Editores S.A.
- Rashid, A., Rasheed, K. y Hussain, A. (2008). Trypanosomiasis in dog; a case report. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 2, 48–51.
- Reichard, M., Gray, K. y Van den Bussche, R. (2011). Detection and Experimental Transmission of a Novel Babesia Isolate in Captive Olive Baboons (*Papio cynocephalus anubis*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 50(4), 500-506.
- Repka, D., Rangel, H.A., Atta, A.M., Gavino, V.A. y Piedrabuena, A.E. (1985). Experimental Chagas' disease in mice infected with one LD50 of parasite. *Revista Brasileira de Biologia*, 45, 309–316.
- Romero, M., Astudillo, M., Sánchez, J., González, L. y Varela, N. (2011). Anticuerpos contra *Leptospira* sp. en primates neotropicales y trabajadores de un zoológico colombiano. *Rev. Salud Pública*, 13(5), 814-823.
- Rondón, S., León, C., Link, A. y González, C. (2019). Prevalence of Plasmodium parasites in non - human primates and mosquitoes in areas with different degrees of fragmentation in Colombia. *Malaria Journal*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12936-019-2910-z>
- Ruivo, E., Carrol, J. y Morales-Jiménez, A. (2005). The silvery-brown tamarin (*Saguinus leucopus*) conservation project. *Neotropical Primates*, 13 (3), 36-39.
- Rynkiewicz, E.C., Pedersen, A.B. y Fenton, A. (2015). An ecosystem approach to understanding and managing within-host parasite community dynamics. *Trends Parasitol*, 31(5), 212–221.
- Sabbatani, S., Fiorino, S. y Manfredi, R. (2009). Malaria due to Plasmodium knowlesi in South-Eastern Asia and America. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 28, 48-50.
- Shikanai-Yasuda, M.A. y Carvalho, N.B. (2012). Oral transmission of Chagas disease. *Clin*

- Infect Dis*, 54, 845-52. <http://dx.doi.org/10.1093/cid/cir956>
- Spangler, W., Gribble, D., Abildgaard, C. y Harrison, J. (1978). Plasmodium knowlesi malaria in the rhesus monkey. *Vet Pathol*, 15, 83.
- Springer, A., Fitchel, C., Spencer, S., Leendertz, F. y Kappeler, P. (2015). Hemoparasites in a wild primate: Infection patterns suggest interaction of Plasmodium and Babesia in a lemur species. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 4, 385-395.
- Stockham, S.L. y Scott, M.A. (2013). *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology* (2nd Ed), John Wiley & Sons.
- Suzán, G., Galindo, F. y Ceballos, G. (2000). La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Vet. Mex.*, 31(3), 223-230.
- Urbina, N. (2010). *Patrón de actividad, dieta y dispersión de semillas por tres especies de primates en un fragmento de bosque en san juan de Carare, Santander (Colombia)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]
- Van Hellemond, J.J., Rutten, M., Koelewijn, R., Zeeman, A.M., Verweij, J.J. y Wismans, P.J. (2009). Human Plasmodium knowlesi infection detected by rapid diagnostic tests for malaria. *Emerg Infect Dis*, 15, 1478-80.
- Vitelli-Avelar, D.M., Sathler-Avelar, R., Mattoso-Barbosa, A.M., Gouin, N., Perdigão-de-Oliveira, M. y Valério-dos-Reis, L. (2017). Cynomolgus macaques naturally infected with Trypanosoma cruzi-I exhibit an overall mixed pro-inflammatory modulated cytokine signature characteristic of human Chagas disease. *PLoS Negl Trop Dis.*, 22(2). DOI: 10.1371/journal.pntd.0005233
- Whitehouse, K. y Duffus, A. L. (2009). Effects of enviromental change on wildlife health. *Philosophical Transctions of the Royal Society*, 3429-3438.
- Zabalgoitia, M., Ventura, J. y Anderson, L. (2003). Morphologic and functional characterization of chagasic heart disease in non-human primates. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 68(2), 248-252.



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS OCULARES MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN CABALLOS CRIOLLOS COLOMBIANOS

Evaluation of ocular parameters by ultrasonography in Colombian Criollo horses.

 **Renso Sneider Gallego Rodríguez**¹
E-mail: renso1287@gmail.com*

 **Jesika Leysner Tavera**^{2*}
E-mail: cabenavides@udenar.edu.co

 **Juan Diego Zuleta Villa**³
E-mail: juan.zuletav@uam.edu.com

¹MVZ, Esp, Ms.c, Grupo de Investigación Veterinaria GISCA, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Institución Universitaria Visión de las Américas, Medellín, Colombia.

²Grupo de Investigación Veterinaria GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia.

³Grupo de Investigación Veterinaria GISCA, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Institución Universitaria Visión de las Américas, Medellín, Colombia.

Fecha recepción: 26 de enero de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

La ecografía ocular en los equinos representa uno de los métodos diagnósticos de uso más común, para la determinación de posibles anormalidades oculares. El abordaje de ultrasonido, mediante el modo B, permite el análisis de las diferentes estructuras anatómicas, de una manera no invasiva; la técnica se indica en pacientes con trauma ocular, opacidad corneal, desprendimiento de retina y sospecha de neoplasias retrobulbares. Para el presente estudio, se tuvo en cuenta un total de seis equinos de la raza criollo colombiano; de sexo indiferente; con una edad establecida entre los 4 a los 12 años y con una condición corporal entre 2,5 y 4 (en una escala de 6). Para cada uno de los animales se realizó una ultrasonografía ocular bilateral, utilizando una técnica transpalpebral, a partir de la cual fueron evaluadas estructuras anatómicas como la córnea, la cámara anterior, el lente, el espacio retrobulbar, la retina y el disco óptico; de estos se hizo una medición específica cuantitativa para cámara anterior, retina y disco óptico. Según los resultados obtenidos, se determinó que la cámara anterior presentó un valor de 4 mm ($\pm 0,07$); en la retina se obtuvo un valor de 2,4 mm ($\pm 0,03$) y en el disco óptico 4,3 mm ($\pm 0,05$). Se concluyó que los valores obtenidos para la raza criolla colombiana son similares a los reportados para otras razas.

Palabras clave.

Cámara anterior, criollo colombiano, disco óptico, ecografía ocular, equinos, transpalpebral, retina.

Cómo citar:

Gallego Rodríguez, R.S., Leysner Tavera, J. y Zuleta Villa, J. D. (2021). Evaluación de parámetros oculares mediante ultrasonografía en caballos criollos colombianos. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 146-155. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a5>



ABSTRACT

The ocular ultrasound in equines represents one of the most common diagnostic methods used in the determination of possible ocular abnormalities, the ultrasound approach using mode B, allows the analysis of the different anatomical structures in a non-invasive way, the technique It is indicated in patients with ocular trauma, corneal opacity, retinal detachment and suspicion of retrobulbar neoplasms. During the study, a total of six equines of the Colombian Creole breed, of indifferent sex, with an established age between 4 and 12 years old and a body condition between 2.5 and 4 (on a scale of 6) were taken into account. For each of the animals, bilateral ocular ultrasonography was performed using a transpalpebral technique in which anatomical structures such as the cornea, anterior chamber, lens, retrobulbar space, retina, and otic disc were evaluated. From these, specific quantitative measurements were made for the anterior chamber. retina and optic disc. According to the results found, it was determined that the anterior chamber presented a value of 4 mm (± 0.07), in the retina a value of 2.4 mm (± 0.03) was obtained, and in the optical disc 4.3 mm (± 0.05). It was concluded that the values obtained for the Colombian creole breed are similar to those reported in other breeds.

Key words.

Anterior chamber, colombian creole, optic disc, ocular ultrasound, equine, transpalpebral, retina.

INTRODUCCIÓN

Las patologías oculares son comunes en el equino (Montes *et al.*, 2016). Estas pueden ser de origen primario, o pueden presentarse de forma secundaria a múltiples patologías sistémicas; de modo común, estas patologías no se evidencian a menos que se realice un adecuado examen ocular específico, por lo que representan un reto para la oftalmología equina (Hughes,2010) (Bauer, 2010). Así mismo, las enfermedades oftálmicas son diversas; dado su origen y su patogenia en los equinos, generalmente se ve comprometida la visión de estos en diferentes grados, dependiendo de las estructuras anatómicas afectadas (Gonzalez, *et al.*,2001). Por lo anterior, un adecuado abordaje diagnóstico cobra importancia en la interpretación de los hallazgos a nivel ocular (Thangadurai *et al.*, 2010).

Siguiendo esta línea, la evaluación ecográfica en modo B es el método más común de diagnóstico imagenológico en la medicina equina, ya que proporciona una imagen bidimensional en tiempo real, del ojo y de la órbita (Scotty *et al.*, 2004). La ecografía ocular en los equinos es un procedimiento simple y poco invasivo (Marchegiani *et al.*, 2017). A su vez representa una técnica segura y práctica, la cual puede ser realizada con el paciente en estación; en pocos casos se requiere sedación o bloqueo nervioso local (Laus, 2014). La técnica se encuentra indicada en opacidad corneal, blefaritis, la cual impide el examen ocular, también en glaucoma, desprendimiento parcial o completo de la retina y posibles masas retro bulbares (Hallowell *et al.*, 2007).

Debido a la ubicación topográfica del ojo, el procedimiento generalmente se realiza de manera simple, permitiendo un examen sistemático y completo de las estructuras oculares, sin

desconocer la importancia de una adecuada interpretación de la anatomía ecográfica del ojo (Hughes, 2009). El conocimiento de la evaluación ocular ultrasonográfica permite la determinación de valores normales, útiles, en el examen de estructuras como la cámara anterior, grosor del lente, cámara vítrea, retina y nervio óptico (Meister, *et al.*, 2014). La interpretación de las dimensiones normales del ojo en el equino y sus estructuras internas durante el examen ecográfico, representa una gran utilidad en la evaluación de las alteraciones relacionadas con patologías oftálmicas (Soroori *et al.*, 2009).

Por otra parte, debido a que no hay un estudio de investigación en el cual se recopile la evaluación de las estructuras ecográficas anatómicas oculares, en caballos criollos colombianos, desde el presente estudio se plantea la posibilidad de que este pueda representar un punto de partida, para el diagnóstico ecográfico oftalmológico en esta raza determinada. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es realizar una descripción de los parámetros oculares, mediante ultrasonografía, en caballos criollos colombianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se tuvo en cuenta caballos criollos colombianos; con edad entre los 4 a los 12 años; con condición corporal entre 2,5 – 4; los cuales no hayan presentado signos de enfermedad ocular de manera histórica. La evaluación ecográfica fue realizada en seis equinos de raza criollos colombianos, los cuales se encontraban presentes en la Clínica Veterinaria de la Corporación Universitaria Remington.

Criterios de Selección

Se realizó una evaluación diagnóstica histórica, con el fin de determinar si alguno de los animales objeto de estudio presentó lesiones o signos relacionados con enfermedad ocular; a su vez, se les realizó un examen físico general y otro específico ocular, con el fin de interpretar posibles hallazgos estructurales o funcionales en la visión de los pacientes.

Técnica y evaluación ecográfica

La técnica ecográfica fue realizada por profesionales expertos y por especialistas en el área de diagnóstico por imagen y en medicina interna de equinos. La técnica ultrasonográfica ocular se hizo con un ecógrafo *Emperor medical G30*, con una sonda lineal a una frecuencia de 12 MHz. La evaluación ecográfica ocular se realizó a través de un examen sistemático de todas las estructuras anatómicas, teniendo en cuenta la córnea, la cámara anterior, el cristalino, el iris y los cuerpos ciliares, el humor vítreo, la retina, el disco óptico y el espacio retrobulbar.

Los equinos fueron examinados mediante un abordaje transpalpebral. No fue necesaria la sedación, debido al temperamento dócil de los animales, ya que estos estaban acondicionados al manejo con el personal de la clínica. Se utilizaron exploraciones longitudinales y transversales, con el fin de evaluar las diferentes estructuras anatómicas oculares. Al finalizar

el examen se lavó el ojo con solución salina fisiológica estéril y, seguido de esto, se realizó una limpieza con toallas de papel.

Artefactos ecográficos

Durante la evaluación ecográfica ocular la presencia de artefactos es común; las reverberaciones son frecuentes, debido a la interposición del aire entre la sonda lineal y la superficie cóncava del ojo; esta se visualiza como interlineas ecogénicas paralelas, que adquieren cierta profundidad en la imagen ecográfica. El refuerzo acústico se hace visible mediante una porción hiperecogénica, ubicada bajo una estructura anecogénica, o con alta proporción de fluido. Debido a que no hay ninguna atenuación en las ondas ultrasonográficas se produce una señal con mayor intensidad, en la interfase siguiente.

Medición parámetros oculares

Todas las mediciones fueron realizadas por la misma persona, con el fin de evitar sesgos en los valores obtenidos. Para el estudio se tuvo en cuenta la medición de parámetros relacionados a la cámara anterior, la retina y el disco óptico. Se midió la profundidad de la cámara anterior, teniendo en cuenta la porción intermedia del aspecto dorsal entre ésta y el lente de la cápsula anterior. La retina se evaluó en fondo de ojo, realizando una medición simple de su grosor; en el disco óptico se tomó una medida en eje longitudinal y en eje transversal; promediando los dos valores se obtuvo el diámetro de este.

Análisis estadístico

Se realizaron medidas de estadística descriptiva, a partir de las cuales se efectuó la evaluación de los parámetros oculares, por medio de una base de datos categorizada en hoja de cálculo *Excel*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación ultrasonográfica de los pacientes se encuentran características ecográficas, relacionadas con las estructuras anatómicas evaluables (Tabla 1); la córnea presenta una apariencia delgada de superficie curvilínea e hiperecogénica; la cámara anterior que se encuentra entre la córnea y el lente anterior es de aspecto ovoide anecogénico homogéneo, con una media en el valor de profundidad de $0,40 \pm 0,07$ cm (Figura 1).

Los cuerpos ciliares se visualizan como estructuras ecogénicas e irregulares, las cuales se encuentran lateralizadas al lente y se extienden desde la periferia hasta el centro del ojo. Dependiendo de la técnica utilizada, es posible la evaluación de la “*corpora nigra*”, se observa como estructuras ecogénicas, ubicadas sobre la porción anterior del iris (Figura 2).

Los lentes en condiciones normales se evalúan como dos interfases curvilíneas, las cuales se relacionan con el lente de la cápsula anterior y el lente de la cápsula posterior; en su centro se presenta anecogenicidad homogénea. El humor vítreo se encuentra de aspecto anecogénico homogéneo.

Tabla 1.

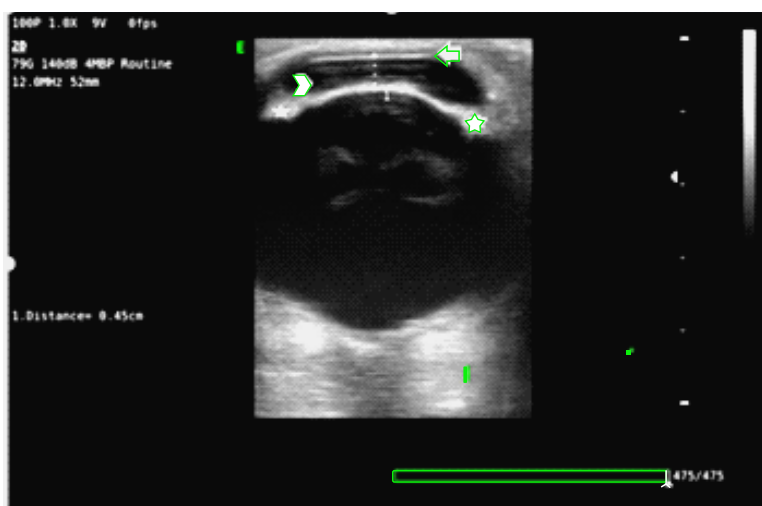
Medición de los parámetros oculares relacionados a la cámara anterior, la retina y el disco óptico.

Animal	Evaluación Ocular	Cámara Anterior (cm)	Retina (cm)	Disco Óptico (cm)
Paciente 1	Ojo izquierdo	0,45	0,27	0,39
	Ojo Derecho	0,57	0,25	0,38
Paciente 2	Ojo izquierdo	0,35	0,28	0,48
	Ojo Derecho	0,30	0,25	0,44
Paciente 3	Ojo izquierdo	0,37	0,28	0,41
	Ojo Derecho	0,42	0,20	0,39
Paciente 4	Ojo izquierdo	0,40	0,20	0,41
	Ojo Derecho	0,35	0,26	0,49
Paciente 5	Ojo izquierdo	0,42	0,21	0,53
	Ojo Derecho	0,45	0,22	0,48
Paciente 6	Ojo izquierdo	0,32	0,24	0,40
	Ojo Derecho	0,34	0,19	0,35
Media		0,4	0,24	0,43
D.E.		0,07	0,03	0,05

Nota. D.E. se refiere a desviación estándar.

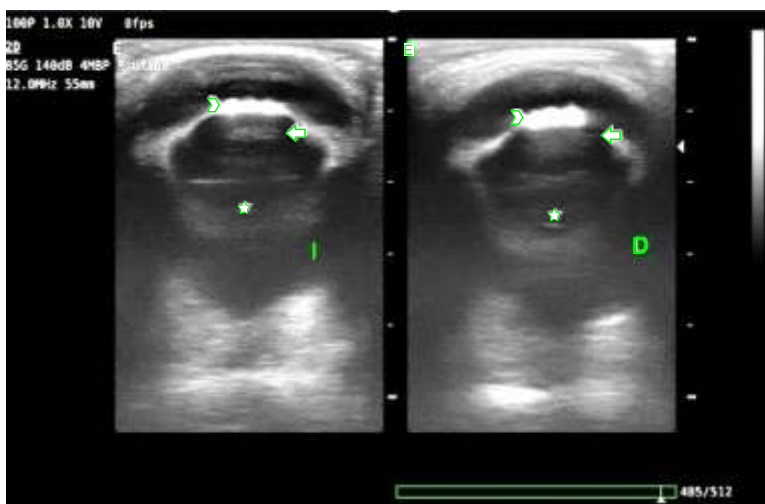
Figura 1.

Ecografía ocular transpalpebral.



Nota. El abordaje longitudinal deja apreciar estructuras anatómicas normales, en la porción anterior del ojo, córnea (flecha), cámara anterior (punta de flecha), cuerpos ciliares (asterisco).

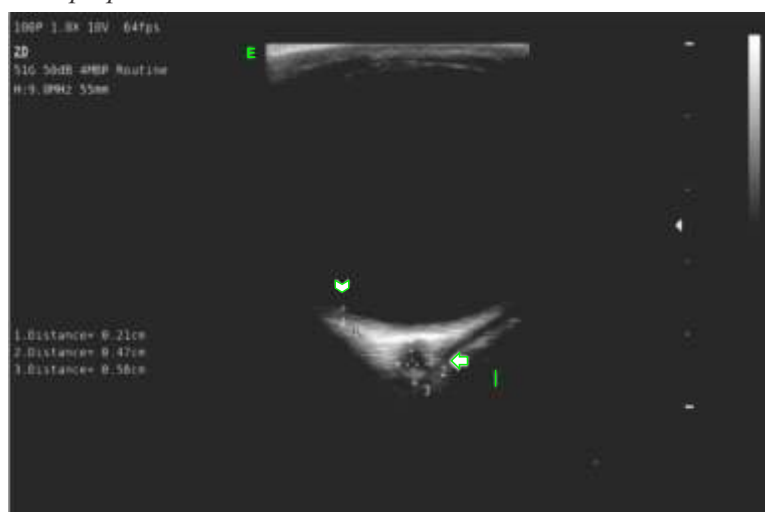
Figura 2.
Ecografía ocular transpalpebral.



Nota. En abordaje longitudinal se visualizan las estructuras anatómicas intermedias del ojo, se observa corpora nigra (punta de flecha), cápsula anterior (flecha) y cápsula posterior (asterisco).

La retina se identifica como una interfase lineal e hiperecogénica, que recubre el fondo de ojo; en su medición se obtuvo una media en el valor de su grosor de $0,24 \pm 0,03$ cm. El nervio óptico se observa en la porción media del fondo de ojo; se encuentra en forma triangular hiperecogénica, en cuyo centro es visible una estructura ovoide hipocogénica, compatible con el disco óptico, para el cual se obtuvo una media en el valor de su diámetro de $0,43 \pm 0,05$ cm² (Figura 3).

Figura 3.
Ecografía ocular transpalpebral.



Nota. En abordaje longitudinal se visualizan las estructuras anatómicas posteriores del ojo; es posible observar retina (punta de flecha) y disco óptico (flecha).

Todos los animales evaluados presentaron un examen clínico ocular normal. El abordaje ecográfico se realizó bajo la técnica transpalpebral, con el fin de proporcionar mayor confort al animal, durante el examen ultrasonográfico; esto asegura que el animal se encuentre tranquilo durante el momento del examen; también garantiza mayor estabilidad en la técnica, así como una visualización adecuada de las estructuras oculares y menor rango en la presentación de artefactos ecográficos. Valentini *et al.* (2010) mencionan que la técnica transpalpebral genera un menor malestar; a su vez, afirman que una de las desventajas es producida por los mismos párpados, los cuales tienden a facilitar la presentación de artefactos ecográficos, dificultando un adecuado diagnóstico. Finalmente, los autores recomiendan esta técnica en el examen de pacientes con sospecha de lesión corneal (Rogers *et al.*, 1986).

El examen ultrasonográfico ocular hace parte de un conjunto de técnicas, que permiten obtener un diagnóstico confiable (Gonzalez *et al.*, 2001). Autores como Hugues (2009) describen la realización de la ecografía ocular, mediante una frecuencia de entre 7 a 12 MHz, mencionando que la variabilidad del rango depende de las estructuras oculares, siendo que se utiliza un menor valor de frecuencia, para evaluar estructuras retrobulbares (Marchegiani *et al.*, 2017). El examen ecográfico ocular, realizado en todos los animales, se hizo bajo una frecuencia de 9 - 12 MHz, alcanzando una profundidad aproximada entre 52 - 55 mm, obteniendo imágenes con una resolución óptima, inclusive para estructuras retrobulbares, como lo son la evaluación de retina y de disco óptico.

En el presente estudio se realizó la evaluación de las estructuras normales oculares, siendo la córnea uno de los aspectos evaluados. Si bien es cierto que no se realizó una medición de esta, sí se evaluó su aspecto ecogénico encontrando que, de forma normal, se visualiza una superficie delgada, curvilínea e hiperecogénica. Soroori *et al.* (2009) describen la córnea como una interfase hiperecogénica curvilínea relacionada, inmediatamente posterior al párpado. Hallowell (2007) afirma que la mejor manera de observar la córnea es mediante un abordaje transpalpebral y la define como una estructura delgada homogénea y ecogénica (Laus *et al.*, 2014). A su vez, autores como Rogers *et al.* (1986), afirman que la córnea presenta un espesor de $2,33 \pm 0,39$ mm.

Por su parte, autores como Rogers *et al.* (1986) afirman que la cámara anterior está compuesta en su interior, por el humor acuoso de aspecto ecográfico anecogénico y homogéneo. Igualmente, describen que la profundidad de la cámara anterior presenta un valor de 3 - 5 mm ($4,22 \pm 1,29$ mm). Soroori *et al.* (2009), en un estudio similar, encontraron que el valor medio de la cámara anterior es de 3,0 mm, con una desviación estándar de 0.5 mm. Valores similares fueron encontrados en este estudio, en el cual, respecto de la medición de la cámara anterior, se obtuvo una profundidad media de 4 mm ($\pm 0,07$). Gilger (2017) menciona que la evaluación ecográfica anterior del ojo cobra gran importancia, debido a la observación de algunos hallazgos como sinequias, luxación del cristalino, ruptura de la cámara y formación de neoplasias.

En la evaluación diagnóstico del fondo de ojo pueden encontrarse hallazgos como uveítis posterior, degeneración vítrea, desprendimiento parcial o total de retina y neoplasias retrobulbares (Strobel *et al.*, 2007). La ecografía en modo B es uno de los medios apropiados para las evaluaciones de fondo de ojo (Shlomo, 2017). Gilger (2017) propone un abordaje ecográfico, con una frecuencia cercana a los 7,5 MHz, debido a la profundidad de las estructuras anatómicas a evaluar y, a su vez, menciona que esta frecuencia proporciona un detalle adecuado para la imagen. Hallowell y Bowen (1989) describen a la retina en evaluación ecográfica, como una delgada estructura hiperecoica caudal a la cámara posterior, la cual es indiferenciable de la coroides y de la esclera (Thangadurai *et al.*, 2010). Rogers *et al.* (1986) afirman que el diámetro de la retina se relaciona con valores aproximados de 2 mm ($2,2 \pm 0,48$ mm) (Schiffer *et al.*, 1982). Estos valores se relacionan con los encontrados en el presente estudio, en el cual se estimó que el diámetro de la retina tiene una distancia media de 2,4 mm ($\pm 0,03$).

Varias estructuras son evaluables en el espacio retrobulbar, incluyendo el nervio óptico, la almohadilla la grasa retrobulbar, los músculos extraoculares y la porción ósea de la órbita (Hallowell y Bowen, 1989). Meister *et al.* (2014) describen que el nervio óptico puede observarse como una estructura hiperecogénica, la cual se encuentra rodeada de grasa retrobulbar, siendo heterogénea y levemente hipocogénica. En la presente investigación, al evaluar el disco óptico, se encontró una estructura ovoide hiperecogénica, la cual presentó un diámetro medio de 4,3 mm ($\pm 0,05$). La grasa retrobulbar que rodea el disco óptico se evidenció hipocogénica de ecotextura homogénea. Van den Top *et al.* (2007) afirman que son varias las indicaciones para realizar la ecografía del espacio retrobulbar; dentro de ellas se pueden mencionar exoftalmo, abscesos, hemorragias y neoplasias (Valentini *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Como conclusión del presente estudio, es necesario indicar que este se realiza como la primera aproximación en la ecografía ocular para caballos criollos colombianos. De acuerdo con los resultados encontrados, se recomienda la técnica transpalpebral, con sonda lineal, como ventana de visualización diagnóstica. Los valores y la descripción ecográfica ocular, encontrada en las medidas establecidas para la cámara anterior, para la retina y para el disco óptico, son similares a las reportadas para diferentes razas de la especie. Debido a esto, se considera necesario hacer un estudio, desde el cual se determinen y se estandaricen los valores normales para la raza.

LITERATURA CITADA

Bauer, B.S. (2015). Ocular pathology. *Veterinario Clin North Am Equine Pract*, 31(2), 425-448. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.04.001>

Cunha dos Santos, F. C., Curcio, B., Soares, L., Pazinato, F.M., Soares, P. y Wayne, C. E.

- (2015). Alterações do sistema oftálmico em equinos com ênfase em medidas terapêuticas. *Acta Scientiae Veterinariae*, 43, 99-106. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-13124>
- Gilger, B. C. (2017). Advanced Imaging of the Equine Eye. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 33(3), 607-626. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.07.006>
- Gonzalez, E., Rodríguez, A. y García, I. (2001). Review of ocular ultrasonography. *Vet Radiol Ultrasound*, 42(6), 485-495. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2001.tb00975.x>
- Hallowell, G. D. y Bowen, I. M. (1998). Artifacts and ultrasonographic evaluation of small parts. In *Equine Diagnostic Ultrasound*. Philadelphia: W.B. Saunders; https://aaep.org/sites/default/files/issues/eve-19-11-Hallowell_eve19-11_lores.pdf
- Hallowell, G. D. y Bowen, I. M. (2007). Practical ultrasonography of the equine eye. *Equine Veterinary Education*, 19(11), 600-605. <https://doi.org/10.2746/095777307X254536>
- Hughes, K. (2009). Ultrasonographic examination of the painful equine eye. *In Practice*, 31(2), 70-76. <https://doi.org/10.1136/inpract.31.2.70>
- Hughes, K. J. (2010). Ocular manifestations of systemic disease in horses. *Equine Veterinary Journal*. 42(S37), 89-96. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.tb05640.x>
- Laus, F., Paggi, E., Marchegiana, A., Cerquetella, M., Spaziante, D., Faillace, V. y Tesei, B. (2014). Ultrasonographic biometry of the eyes of healthy adult donkeys. *Veterinary Record*, 174(13), 328. <http://dx.doi.org/10.1136/vr.101436>
- Marchegiani, A., Fruganti, A., Cerquetella, M., Cassarina, M. P., Laus, F. y Spaterna, A. (2017). Penetrating palpebral grass awn in a dog. Unusual case of a penetrating grass awn in an eyelid. *Journal of Ultrasound*, 20(1), 81-84. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0234-1>
- Meister, U., Ohnesorge, B., Kôrner, D. y Boevé, M.H. (2014). Evaluation of ultrasound velocity in enucleated equine aqueous humor, lens and vitreous body. *Veterinary Research*, 10(1), 250. <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0250-3>
- Montes, V. D., Buitrago, J. A. y Cardona, A. J. (2016). Frecuencia de patologías oculares en caballos de vaquería en explotaciones ganaderas del departamento de Córdoba, RECIA, 8 (Supl), 377-385. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.394>
- Rogers, M., Cartee, R. E., Miller, W. y Ibrahim, A. K. (1986). Evaluation of the extirpated equine eye using B-mode ultrasonography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 27(1), 24-

29. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1986.tb00616.x>
- Scotty, N. C, Cutler, T. J, Brooks, D. E., Ferrell, E. (2004). Diagnostic ultrasonography of equine lens and posterior segment. *Veterinary Ophthalmology*, 7(2), 127-139. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2004.04009.x>
- Schiffer, S. P., Rantanen, N. W, Leary, G. A. y Bryan, G. M. (1982). Biometric study of the canine eye, using a-mode ultrasonography. *Am J Vet Res*, 43(5), 826–830. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7091846/>
- Shlomo, G. B. (2017). The Equine Fundus. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 33(3):499–517. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.08.003>
- Soroori, S., Masoudifar, M., Raoofi, A. y Aghazadeh, M. (2009). Ultrasonographic findings of some ocular structures in Caspian miniature horse. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 10(4). http://ijvr.shirazu.ac.ir/article_1716_c31848eef4439de37ba39d8b03f30eba.pdf
- Strobel, B. W., Wilkie, D. A, Gilger, B. C. (2007). Retinal detachment in horses: 40 cases (1998 - 2005). *Vet Ophthalmol.*, 10(6), 380–385. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2007.00574.x>
- Thangadurai, R., Sharma, S., Bali, D. y Rana, B. P. (2010). Prevalence of ocular disorders in an indian population of horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30(6), 326-329. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.05.001>
- Van den Top, J., Schaafsma, I., Boswinkel, M. y Klein, W. R. (2007). A retrobulbar abscess as an uncommon cause of exophthalmos in a horse. *Equine vet. Educ.*, 19, 579-583. <https://doi.org/10.2746/095777307X254554>
- Valentini. S., Tamburro, R., Spadari, A., Vilar, J. M. y Spinella, G. (2010) Ultrasonographic Evaluation of Equine Ocular Diseases: A Retrospective Study of 38 Eyes. *Journal of Equine Veterinary Science.*, 30(3). <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.01.058>

GANADERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SILVOPASTORIL

Livestock farming in silvopastoral production systems

 **Beatriz Patiño Quiroz**
E-mail: b.patino@udla.edu.co

 **Geovanna Isabel Muñoz Ortega**
E-mail: johannaisabel22@hotmail.com

 **Nicolás Ernesto Baldrich Romero**
E-mail: nelbaldrich@uniamazonia.com

 **Carlos Arbey Martínez Ortega**
E-mail: c.martinez@udla.edu.co

¹MSc, Universidad de la Amazonia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de Investigación en Fauna Silvestre, Centro de Investigación de la Biodiversidad Andino – Amazónica (INBIANAM), Florencia, Caquetá, Colombia.

²MVZ, Universidad de la Amazonia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Florencia, Caquetá, Colombia.

³MSc Universidad de la Amazonia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación en Fauna Silvestre, Centro de Investigación de la Biodiversidad Andino – Amazónica (INBIANAM), Florencia, Caquetá, Colombia.

⁴Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería, Estudiante de la Maestría en Sistemas de Producción, Florencia, Caquetá, Colombia.

Fecha recepción: 25 de mayo de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

La fragmentación de los ecosistemas se ha originado como producto de una constante demanda, por parte del sector de la ganadería. Lo anterior, en tanto la producción ganadera bovina se ha desarrollado bajo un sistema de producción extensivo, a partir del cual ha prevalecido el monocultivo. En este sentido, se considera importante, por una parte, tener en cuenta las estrategias para mejorar y recuperar los sistemas de producción ganaderos y, por otra, favorecer el establecimiento de sistemas agroforestales de tipo silvopastoril. Específicamente, para el desarrollo del presente estudio se realizó una búsqueda sistemática de la literatura relacionada; también se generaron tablas guía con la información recopilada, de manera técnica y específica, de acuerdo con los sistemas de producción. En el proceso se destacaron especies fijadoras de nitrógeno como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia purpurea*, *Albizia lebeck*, *Erythrina fusca*, *Acacia melanoxylon*, *Inga edulis* y *Cratylia argentea*. Por su parte, *Leucaena leucocephala* sobresalió por su aporte de proteína y especies como *Weinmannia pubescens*, *Salix humboldtiana Willd* y *Mimosa quitensis Kunth* fueron consideradas recuperadoras de áreas degradadas, estimándose que estas permitieron evitar problemáticas relacionadas con la erosión del suelo del trópico alto. En tal sentido, se entiende que la ganadería debe estar asociada con los sistemas de producción silvopastoril, como un conjunto de técnicas para darle un mejor uso al suelo, garantizando la sostenibilidad y la sustentabilidad del ecosistema natural.

Palabras claves.

ecosistemas, especie, fragmentación, proteína, diversidad.

Cómo citar:

Patiño Quiroz, B. E., Muñoz Ortega, G. I., Baldrich Romero, N. E., & Martínez Ortega, C. A. (2021). Ganadería en sistemas de producción silvopastoril. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 156-168. <https://doi.org/10.47847/fagropec>.



ABSTRACT

The fragmentation of ecosystems has been caused by the constant demand of livestock. Since bovine livestock production has been developed under an extensive production system, where monoculture prevails. In this sense, it is important to take into account strategies to improve and recover livestock production systems, such as the establishment of silvopastoral agroforestry systems. For this, a systematic literature search was carried out; Guide tables were generated with the information collected in a technical and specific way according to the production systems. Nitrogen fixing species such as *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia purpurea*, *Albizia lebeck*, *Erythrina fusca*, *Acacia melanoxylon*, *Inga edulis*; and *Cratylia argéntea*. *Leucaena leucocephala* provides 25.9% protein, obtaining a milk production level of up to 10.7 lt / cow / day in Holstein cows. Species such as *Weinmannia pubescens*, *Salix humboldtiana* Willd and *Mimosa quitensis* Kunth are considered to recover degraded areas and avoid soil erosion problems in the high tropics. Thus, livestock should be associated with silvopastoral production systems as a set of techniques to give a better use to the soil, guaranteeing the sustainability and sustainability of the natural ecosystem.

Key words.

ecosistemas, especie, fragmentación, proteína, diversidad.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años el sector de la ganadería ha incrementado su presencia en el territorio colombiano, en un 60%, razón por la cual se ha disminuido la intensidad arbórea en un 25%, lo cual a su vez ha afectado la estructura de los suelos (Sánchez, 2020). Así las cosas, la fragmentación de los ecosistemas se ha originado por la demanda constante de la ganadería, la cual ha sido utilizada ampliamente para la producción de leche y de carne (Useche, 2015). A su vez, el aporte de este sector al Producto Interno Bruto, (PIB) nacional, ha mostrado una dinámica de crecimiento; por ejemplo, desde el sector agropecuario hubo un aporte del 2,6% en el último trimestre del año 2019, del cual, el 1,8% correspondió a un aporte directo de la actividad ganadera (DANE, 2019).

Así mismo, la producción ganadera bovina se ha desarrollado bajo un sistema de producción extensivo, a partir del cual ha prevalecido el monocultivo de pasturas, por lo cual, ha habido una ausencia de cobertura arbórea. Lo anterior, ha dado origen a problemáticas ambientales como la deforestación, la contaminación del recurso hídrico, la degradación y la compactación del suelo, así como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Gonzales *et al.*, 2015).

En este sentido, es importante tener en cuenta diferentes estrategias para mejorar y recuperar los sistemas de producción ganaderos. Lo anterior, por ejemplo, a través del establecimiento de sistemas agroforestales de tipo silvopastoril, los cuales son un modelo a partir del cual los árboles y/o los arbustos interactúan con pasturas y animales (Karki y Goodman, 2010). Así mismo, en los sistemas de producción silvopastoril, la presencia de diferentes estratos

vegetales (árboles, arbustos, herbáceas y pasturas) mejora la alimentación animal, aumentando el valor nutricional en el consumo de forraje (Montagnini *et al.*, 2015); además, dichos sistemas aportan otros beneficios como la fijación biológica de nitrógeno, el secuestro de carbono, la protección del suelo y la retención de humedad, así como una mayor diversidad y una regulación del estrés calórico (Arciniegas y Flores, 2018).

De igual modo, los sistemas silvopastoriles son considerados como un conjunto de técnicas dentro de la agroforestería, gracias a los cuales existe una interacción de árboles con pasturas, que están destinados a la alimentación animal, bajo un sistema de manejo integral, con la finalidad que la producción bovina se convierta en una actividad moderna, rentable y con productos de mejor calidad. Además, a través de aquellos se aumenta la diversificación de especies de flora y fauna. En este sentido, en la revisión de los estudios se reconocen algunas especies de tipo arbóreo y arbustivo, que son utilizadas en los trópicos; además, también se reconoce el aporte nutricional que cada una de ellas provee a los bovinos, y se identifican los beneficios que generan a los ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategias de búsqueda

Para el presente estudio se realizó una búsqueda sistemática de literatura referente, en bases de datos como *Scielo*, *Google académico* y *ResearchGate*. La búsqueda se realizó a partir de las siguientes categorías generales: sistemas silvopastoriles; ganadería ecológica en Colombia y en otros países; sistemas agroforestales y sus tipologías. Además, se tuvieron en cuenta artículos originales de investigación, que han sido reportados en la literatura específica, para los años más recientes, y que han sido escritos en idiomas como inglés, portugués y español. Igualmente, se generaron tablas guía con la información recopilada de manera técnica y específica, de acuerdo con los sistemas de producción; ello, con el propósito de facilitar la selección de las diferentes especies silvopastoriles y sus bondades para determinados lugares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la revisión de los estudios se encontraron diferentes especies que se asocian en un arreglo silvopastoril, en las zonas tropicales secas, húmedas y subhúmedas de Colombia (Tabla 1).

Igualmente, se entiende que estas especies presentan un valor nutricional que garantiza una mayor producción (Tabla 2). En tal sentido, su potencial nutricional puede solventar la demanda alimenticia de los bovinos en sus diferentes etapas. Así mismo, estas especies leñosas forrajeras tienen la capacidad de adaptarse a diferentes periodos climáticos y de producir la suficiente cantidad de comida, para mantener el nivel requerido en las dinámicas de producción de la leche y de la carne que proviene del ganado (Villanueva *et al.*, 2009).

Como se puede observar en las Tablas 1 y 2, las diferentes especies asociadas con los sistemas silvopastoriles tienen excelentes beneficios ecológicos, como lo es por ejemplo la fijación de nitrógeno. Entre estas especies se destacan las de tipo arbóreo como las siguientes: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia purpurea*, *Albizzia lebeck*, *Erythrina fusca*, *Acacia melanoxylon*, *Inga edulis*. También las de tipo arbustivo como la *Cratylia argentea*. A su vez, estas especies garantizan el mejoramiento de las praderas; también son utilizadas como cerca viva y como cortinas rompe vientos, incluyendo a *Weinmannia tolimensis*, *Weinmannia pinnata* L, *Weinmannia pubescens* Kunth, *Salix humboldtiana* Willd, *Myrsine coriácea*, *Mimosa quitensis* Kunth, *Delostoma integrifolium* D. Don, *Alnus acuminata* H.B.K y *Hesperomeles ferruginea* Benth.

Además de los beneficios ambientales, estas especies aportan un importante contenido nutricional al ganado bovino (Tabla 2). Por ejemplo, el rendimiento en biomasa que produce *leucaena leucocephala* es significativo y su aporte en proteína es del 25,9%, lo cual permite obtener un nivel de producción de leche de hasta 10,7 lt/vaca/día en vacas Holstein; además, ayuda a mejorar la composición de vacas doble propósito (Figueredo *et al.*, 2019). Mientras tanto, *Cratylia argentea* genera un porcentaje de proteína menor (23,5%) y puede ayudar a obtener una producción en leche de 6,6 lt/vaca/día y una ganancia de peso de 652 gr/animal/día (Lascano *et al.*, 2002).

Así mismo, en sistemas silvopastoriles asociados con *Gliricidia sepium*, se evidencia una mejora en el nivel nutritivo de la fuente alimenticia, con 22-24% de proteína, 66% en degradabilidad y una adecuada digestibilidad energética, que incrementa la producción láctea a una ración superior de 2 kg de forraje fresco y permite además una ganancia de 580 y 640 gr/animal/día, bajo suministro de 1 al 2 % Peso Vivo (PV) (Lemos, 2014). Mientras tanto, un banco de proteínas a base de *Thitonia diversifolia*, bajo condiciones edafoclimáticas óptimas y desarrollo de cultivo, puede llegar a generar un aporte proteico del 25,5%, de fibra detergente neutra (FDN) de un 25,2%, además de proveer un considerable contenido de minerales y de carbohidratos solubles, que aumentan el valor proteico de la leche (Gallego *et al.*, 2017).

Por su parte, las especies leñosas perennes generan un impacto micro climático positivo, debido a su rápido crecimiento y a la intensidad de su follaje, proveyendo una amplia cobertura y sombrero, lo que a su vez genera una buena ganancia de peso, en socio con gramíneas naturales. Así bien *Albizzia lebeck* presenta 353 y 308 gr PV final, respecto de una ganancia de 604 757gr/animal/día, en asocio con *Bauhinia*, por la facilidad de ramoneo directo (Hernández *et al.*, 2001). De igual modo, el aporte nutricional de *Bauhinia* presenta una digestibilidad de PB 55,1%, 8,1 de EM para un consumo de MS de 148,6% (Milera, 2013).

En los sistemas silvopastoriles asociados con *Morus alba*, *Erythrina fusca*, *Senna pistacifolia* y *Acacia decurrens*, se observa un aumento en la alimentación nutricional de los animales. El aporte de proteína de *Morus alba* es de 15 a 28%, con un porcentaje de MS de 25% (Carmona, 2007). *Erythrina fusca* presenta un contenido nutricional en proteína de 19,8%, MS de 20,8% y

Tabla 1.

Especies leguminosas utilizadas en sistemas silvopastoriles de densidad arbórea y arbustiva (regiones tropicales y subtropicales de América latina).

Nombre común	Nombre científico	Bondades
Leucaena leucocephala	<i>Leucaena leucocephala</i> .	Hábito arbóreo, gran potencial en fijación de nitrógeno y un aumento en la productividad por unidad de superficie, cuando su implementación es de forma intensiva.
Mataratón	<i>Gliricidia sepium</i>	Hábito arbóreo, tiene un alto nivel productivo de forraje y fijación de nitrógeno, además de reducir el impacto del pisoteo del ganado.
Casco de vaca	<i>Bauhinia purpurea</i>	Hábito arbóreo, fijación de nitrógeno.
Veranera	<i>Cratylia argentea</i>	Hábito arbustivo, mejora la acidez del suelo; tiene una gran productividad en biomasa para ramoneo de manera directa; es fijadora de nitrógeno.
Botón de oro	<i>Thitonia diversifolia</i>	Regula el pH del suelo, ayuda al reciclaje de los nutrientes a la corteza del suelo, disminuye el efecto que ocasiona el ganado con el pisoteo; dentro del sistema silvopastoril se puede usar en sistema de corte y acarreo o también en ramoneo directo.
Árbol de siris	<i>Albizia lebeck</i>	Regiones húmedas y sub-húmedas expuestas a largos periodos de sequía, es fijadora de nitrógeno.
Anaúco, bucaré, cachingo	<i>Erythrina fusca</i>	Hábito arbóreo, su finalidad como cerca viva y alimentación del ganado, fijadora de nitrógeno.
Acacia de madera negra	<i>Acacia melanoxylon</i>	Hábito arbóreo, se pueden establecer como barreras rompe vientos en cercas vivas y en asocio con pasturas, además fija el nitrógeno al suelo.
Chilco	<i>Escallonia paniculata</i>	Hábito arbustivo que se puede implementar en pasturas mejoradas, es óptima para la alimentación en bovinos, en sus diferentes etapas de crecimiento.
Alcaparro	<i>Senna pistacifolia</i>	Hábito arbóreo; este tipo de árboles son utilizados como cerca viva y como cortina rompe vientos. Se pueden asociar con pasturas y como cultivo perenne, ya que son fijadores de nitrógeno; además, son un buen alimento para el ganado y tienen usos ornamentales.
Ahojillado	<i>Viburnum sp.</i>	Hábito arbustivo; tiene usos en el establecimiento de pasturas y como promotores en la protección de microcuencas y estabilidad ambiental.
Morera	<i>Morus alba</i>	Hábito arbustivo; tiene gran potencial en bancos de proteína como fuente nutricional para el ganado.
Raque, Chuillur o majua	<i>Vallea stipularis</i>	Hábito arbóreo; se utiliza en asocio con pasturas mejoradas y cercas vivas.
	<i>Verbesina sp.</i>	Hábito arbustivo, tiene gran potencial como banco de proteínas y en la producción de forraje para dieta del ganado; además, es una buena opción en la reestructuración de suelos degradados y en la conservación de cuencas hidrográficas.

Continuación Tabla 1.

Especies leguminosas utilizadas en sistemas silvopastoriles de densidad arbórea y arbustiva (regiones tropicales y subtropicales de América latina).

Nombre común	Nombre científico	Bondades
Encenillo	<i>Weinmannia tolimensis</i>	Hábito arbóreo; especial en la construcción de barreras rompe vientos y en la producción de forraje en dieta para bovinos.
Encenillo	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Hábito arbóreo; es utilizada básicamente como barrera rompe vientos y como forraje para alimentación bovina.
Encenillo	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Hábito arbóreo; tiene usos en producción de forraje para alimento de ganado y en barreras rompe vientos.
Sauce criollo, colorado o amargo	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Hábito arbóreo; es utilizada dentro de los sistemas agroforestales como cerca viva y como barrera rompe vientos y en asocio con pasturas, son consideradas como un banco de proteínas que resultan ideales para dar forraje, a la dieta del ganado bovino.
Cucharo blanco	<i>Myrsine coriácea</i>	Hábito arbóreo; es ideal para la reestructuración de áreas en estado de degradación, en sistemas silvopastoril, como cerca viva y en pasturas mejoradas.
Guarango	<i>Mimosa quitensis</i> Kunth	Hábito arbustivo; dentro de los sistemas silvopastoriles es ideal para crear cercas vivas. Para suplir los requerimientos nutricionales, se usa en bancos de proteína y en establecimiento de pasturas, con alto valor nutritivo.
Yalumán	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Hábito arbóreo; se puede implementar en asocio con cultivos permanentes y para sistemas silvopastoriles como cerca viva, también como pasturas mejoradas y su forraje es utilizado para la alimentación del ganado bovino.
Acacia verde y negra	<i>Acacia decurrens</i> Willd	Hábito arbóreo; se pueden establecer como barreras rompe vientos en cercas vivas y en asocio con pasturas.
Aliso y cerezo	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K	Hábito arbóreo; es utilizado como cercas vivas; también es ideal en la producción de forraje para la dieta alimenticia del ganado, además de establecerse en asocio con pasturas mejoradas. Cabe resaltar que, dentro de los sistemas agroforestales, esta especie sirve como restaurador de microcuencia en los suelos degradados.
Guayabo negro.	<i>Hesperomeles ferruginea</i> Benth	Hábito arbóreo; dentro de los sistemas silvopastoriles se usa como barrera rompe vientos en la siembra de pasturas y como regenerador de las zonas degradadas, para la conservación de microcuencias.
Moringa	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Hábito arbóreo; se caracteriza por una alta producción de forraje y de biomasa y por la concentración de nutrientes para suelos degradados; también como fuente proteica cruda en la alimentación de ganadería ecológica, además de ayudar a la fijación de nitrógeno.

Continuación Tabla 1.

Especies leguminosas utilizadas en sistemas silvopastoriles de densidad arbórea y arbustiva (regiones tropicales y subtropicales de América latina).

Nombre común	Nombre científico	Bondades
Sauco.	<i>Sambucus nigra</i>	Hábito arbustivo; presenta gran calidad nutricional ya que, en asocio con pasturas mejoradas, tiene un gran rendimiento en biomasa, además de brindar sombrío al ganado.
Guaba	<i>Inga edulis</i>	Hábito arbóreo y fijador de nitrógeno. Se maneja en asocio con pasturas mejoradas y disperso en potreros, maximizando la producción de biomasa; también como sombrío dentro del potrero y de la cerca viva.

Nota. Adaptado de Arboleda *et al.* (2013); Casanova *et al.* (2018) y Murgueitio *et al.* (2006).

Tabla 2

Contenido nutricional de especies con fines silvopastoriles

Item	Nombre común	Nombre científico	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Fibra detergente neutra (FDN %)	Materia seca (MS %)
1	Leucaena leucocephala	<i>Leucaena leucocephala.</i>	25,90		20,40	
2	Mataraton	<i>Gliricidia sepium</i>	23,00			
3	Casco de vaca	<i>Bauhinia purpurea</i>	55,10			
4	Veranera	<i>Cratylia argétea</i>	23,50			
5	Botón de oro	<i>Thitonia diversifolia</i>	25,40		25,20	19,10
6	Anaúco, bucaré, cachingo	<i>Erythrina fusca</i>	19,80		20,80	
7	Alcaparro	<i>Senna pistacifolia</i>	14,79	32,40		21,40
8	Morera	<i>Morus alba</i>	28,00	15,00		25,00
9	Sauce criollo, colorado o amargo	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	19,30			
10	Guarango	<i>Mimosa quitensis Kunth</i>	25,00		55,00	
11	Yalumán	<i>Delostoma integrifolium D. Don</i>	23,66	87,71		16,90
12	Acacia verde y negra	<i>Acacia decurrens Willd</i>	14,86		45,25	48,72
13	Moringa	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	26,74			34,90
14	Sauco.	<i>Sambucus nigra</i>	19,40			21,10

grasa de 20% (Toral *et al.*, 1999). Para *Senna pistacifolia* el aporte en proteína es de 14,79% y MS 21,40% (Apráez, *et al.*, 2019), mientras que para *Acacia decurrens* su aporte en proteína es del 14,86%, con un contenido de MS de 48,72% (Fernandez *et al.*, 2001).

En este mismo sentido, se puede mencionar que *Morus alba* y *Erythrina fusca* presentan un mayor contenido de proteína; también que el valor proteico entre *Senna pistacifolia* y *Acacia decurrens* es semejante. Sin embargo, la última especie mencionada presenta un mayor contenido de materia seca. Igualmente, dichas especies son empleadas como cercas vivas y como barreras rompe vientos. Además, se consideran como especies fijadoras de nitrógeno y brindan buena sombra y una alta producción de biomasa en suelos de baja fertilidad (Toral *et al.*, 1999).

A su vez, existe otro tipo de especies que se asocian con los sistemas silvopastoriles y que son utilizadas como restauradoras de suelos desgastados, además de favorecer la biodiversidad ecológica del área de especies umbrófilas y semiumbrófitas. En este sentido, *Weinmannia pubescens*, *Salix humboldtiana Willd* y *Mimosa quitensis Kunth* son consideradas como especies recuperadoras de áreas degradadas; además, se considera que estas permiten evitar problemas de erosión del suelo del trópico alto (Díaz *et al.*, 2017) (Jaramillo *et al.*, 2010) (Gurrute *et al.*, 2015), si se las tiene en cuenta dentro de las sucesiones vegetales. Igualmente, estas son utilizadas como cercas vivas y como barreras rompe vientos (Amaya, 2014).

Finalmente, hay que agregar que, con referencia a los procesos de restauración ecológica y de protección de la biodiversidad de avifauna, las especies vegetales que tienen este potencial son las siguientes: *Myrsine coriácea*, con finalidad de sombrío; *Viburnum triphyllu e Inga edulis*, para actividades de alimentación y de nidificación (Mejía *et al.*, 2019) y *Delostoma integrifolium D. Don*, caracterizada por ser una multipropósito para protección, conservación de fuentes hídricas y generadora de alta producción en biomasa para alimentación pecuaria, aportando 16,90% MS, 23,66% de PC (Apráez *et al.*, 2019). De igual modo, estas cumplen funciones dentro de los ecosistemas como dispersoras de semillas y como regeneradoras de los bosques (Moreno *et al.*, 2015). Según Barragán *et al.* (2017), el hecho de implementar barreras vivas dentro de un sistema ganadero evidencia la transformación del entorno y la oferta de servicios ambientales, los cuales se reflejan en el comportamiento de los animales y en sus patrones de alimentación.

CONCLUSIONES

La ganadería bovina aumenta su producción de leche y de carne en sistemas de producción silvopastoril, ya que estos permiten generar una mayor diversidad de especies, con un mayor contenido nutricional, en especial, de especies leguminosas que, además de servir de alimento, ayudan a fijar el nitrógeno atmosférico, a través de las bacterias asociadas con estas especies. En este sentido, se puede concluir que especies como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia purpurea*, *Albizia lebeck*, *Erythrina fusca*, *Acacia melanoxylon*, *Inga edulis*

y *Cratylia argentea*, además de ofrecer un buen contenido proteico, el cual favorece el aumento en la producción de leche y de carne, también pueden ayudar a mejorar las condiciones medioambientales, en tanto permiten la restauración de los suelos degradados, estimulan la disminución de la erosión del suelo, aportan materia orgánica y ayudan en la recuperación de la fauna silvestre, específicamente de especímenes de aves e insectos.

Así bien, la ganadería ecológica es entendida como una estrategia para alcanzar la intensificación ecológica, fundamentándose en los principios agroecológicos, los cuales constituyen los cimientos para la transformación del ecosistema natural y para alcanzar la salubridad en la seguridad alimentaria. En tal sentido, se entiende que la ganadería debe estar asociada con los sistemas de producción silvopastoriles, como un conjunto de técnicas que permiten dar un mejor uso al suelo, garantizando así la sostenibilidad y la sustentabilidad del ecosistema natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, M. (2014). *Estudio de la entomofauna benéfica asociada a sistemas silvopastoriles y tradicionales de producción lechera en Boyacá, Colombia*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. https://1library.co/document/y96gx5jy-estudio-entomofauna-benefica-asociada-silvopastoriles-tradicionales-produccion-colombia.html?utm_source=related_list
- Apráez, J. y Gálvez, A. (2019). *Alternativas alimentarias para la producción pecuaria del trópico alto de Nariño*. Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/6115/1/alternativas%20alimentarias.pdf>
- Arboleda, D., Tombe, A., Morales, S. y Vivas, N. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 154 – 163. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/265>
- Arciniegas-Torres, S. y Flores-Delgado, D. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116. <http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Barragán, W., Mahecha, L., Moreno, J. y Cajas, Y. (2017). Comportamiento ingestivo diurno y estrés calórico de vacas bajo sistemas silvopastoriles y pradera sin árboles. *Livestock research for rural development.*, 29(12), 1-12. https://www.researchgate.net/publication/321463050_Comportamiento_ingestivo_diurno_y_estres_calorico_de_vacas_bajo_sistemas_silvopastoriles_y_pradera_sin_arboles.

- Carmona, J. (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1), 40-50. <http://hdl.handle.net/10567/466>
- Carvajal, T., Lamela, L. y Cuesta, A. (2012). Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 417-430. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269125514002>
- Casanova-Lugo, F., Cetzal-Ix, W., Díaz-Echeverría, V., Chay-Canul, A., Oros-Ortega, I., Piñeiro-Vázquez, A. González-Valdivia, N. (2018). *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae): Árbol exótico con gran potencial para la ganadería ecológica en el trópico. *Agroproductividad*, 11(2), 100-105. <https://www.researchgate.net/publication/323738344>
- [Casasola, F.](#), [Ibrahim, M.](#), [Ríos, N.](#), [Sepúlveda, C.](#) y [Villanueva, C.](#) (2013) Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En C. Sepúlveda y M. [Ibrahim](#). (Eds.). *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas: como una medida de adaptación al cambio climático en América Latina* (pp. 103-126). CATIE.
- Curbelo, L., Figueredo, L., Figueredo, R., Spencer, M., Estévez, J., Ceró, A., Pedraza, R., Guevara, R. y Fernández, H. (2019). Persistencia de *Leucaena* cv Perú como banco de proteína y sus efectos en la producción de leche con vacas Holstein–Cebú. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 3(2), 163-175. <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/126/117>
- DANE. (2019). *Boletín técnico. Producto Interno Bruto, III Trimestre de 2019*. DANE. <https://bit.ly/2Xd15cC>
- Díaz-Páez, M. y Polania, J. (2017). Experiencia piloto de nucleación con especies nativas para restaurar una zona degradada por ganadería en el norte de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 60-69. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32530>
- Fernández, J., Zapata, A. y Giraldo, L. (2001). Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento alimenticio para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia – UNAL. <https://bit.ly/2X1aqUK>
- Gallego, L., Maecha, L. y Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/10902>

- Gallego-Castro, L., Mahecha-Ledesma, L. y Angulo-Arizala, J. (2017). Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas holstein con *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 357-370.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/25945/28686/0>
- González, R., Sánchez, M., Chirinda, N., Arango, J., Bolívar, D., Escobar, D., Tapasco, J. y Barahona, R. (2015). Limitaciones para la implementación de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) en sistemas ganaderos en Latinoamérica. *Livestock Research for Rural Development*, 27, 2-21.
<http://www.lrrd.org/lrrd27/12/gonz27249.html>
- Gurrute Quilindo, L. y Suarez Buchelly, E. (2015). *Evaluación del establecimiento de un sistema silvopastoril con variación de especies arbustivas y arbóreas en la finca de la Torre, Vereda Clarete, Municipio de Popayán*. [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca]. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/882>
- Hernández, I., Simón, L. y Duquesne, P. (2001). Evaluación de las arbóreas *Albizia lebbek*, *Bauhinia purpurea* y *Leucaena leucocephala* en asociación con pasto bajo condiciones de pastoreo. *Pastos y Forrajes*, 24(3), 241-258.
<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=903>
- Jaramillo, F., y Mayoral, M. (2010). *Efecto de sauce (*Salix humboldtii*) sobre kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en arreglos silvopastoriles en el valle del Sibundoy-departamento del Putumayo*. [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca].
<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/204>
- Karki, U. y Goodman, M. (2010). Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. *Agroforestry Systems*, 78(2), 159-168.
<http://doi.org/10.1007/s10457-009-9250-x>
- Lascano, C., Rincón, A., Plazas, C., Ávila, P., Bueno, G. y Argel, P. (2002). *Cultivar veranera (*cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze): Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía en Colombia*. Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CIAT. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes_tropicales/Released/Materiales/cratyllia_argentea_cv_veranera.pdf
- Lemos, José. (2014). *El Matarratón (*Gliricidia sepium*) como alternativa para la producción de leche en ganado bovino*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2779>

- Mejía, D. y Barón, M. *Evaluación de los aportes de los árboles de sombra a la avifauna asociada a cultivos de cacao en Santa María, Boyacá*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/14963>
- Milera, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 7-24. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/sept/1.pdf>
- Montagnini, F., (2015). Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. En F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl. (Eds), *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales* (pp. 269-297). CIPAV. <http://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/sistemas-agroforestales-funciones-productivas-socioeconomicas-y-ambientales.pdf>
- Morales, Y. y Herrera, J. (2009). Suplementación nutricional de veranera (*Cratylia argentea*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) a vacas productoras de leche. *Ciencia e Interculturalidad*, 4(2), 131-150. <https://doi.org/10.5377/rci.v4i1.293>
- Moreno, D. y Cuartas, S. (2015). Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de bosque montano andino degradadas por ganadería en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 85-100. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n2.46057>
- Murgueitio, E., Cuellar, P., Ibrahim, M., Gobbi, J., Cuartas, C., Naranjo, J., Zapata, A., Mejía, C., Zuluaga, A. y Casasola, F. (2006). Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 365-381. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121676003.pdf>
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N. y Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 3(4), 1-16. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001
- Sánchez-Parales, W. (2020). *Sistemas silvopastoriles ssp como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana*. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16330/1/2020_Sistemas_silvopastoriles_ssp_como_alternativa_sostenible_para_la_ganader%C3%ADa_bovina_colombiana..pdf
- Toral, O. y Wencomo, H. (1999). Especies de *Erythrina* para la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 22(2), 87-103.

<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=984>

Useche de Vega, D. (2015 octubre). Diagnóstico socio-ambiental de la producción agrícola en El Páramo de Rabanal, Boyacá, Colombia, como base para su reconversión agroecológica. [Conferencia]. *V Congreso Latinoamericano de Agroecología – SOCLA*, La Plata, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57651>

HIPERPLASIA ENDOMETRIAL PSEUDO-PLACENTACIONAL EN LA PERRA: UNA REVISIÓN SUCINTA

*Endometrial hyperplasia pseudo-placental hyperplasia in the bitch:
a succinct review*

 Alfonso Eduardo Sánchez Riquelme
E-mail: profesanchez@gmail.com

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Agronomía, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Las Américas, Viña del Mar, Chile.

Fecha recepción: 07 de abril de 2021 / Fecha Aprobación: 28 de junio 2021 / Fecha Publicación: 30 de julio 2021

RESUMEN

La perra doméstica se caracteriza por tener un ciclo estral, con un largo período de actividad progestagénica (diestro), situación que la predispone al desarrollo de patologías uterinas inflamatorias o del crecimiento y reparación del endometrio. La hiperplasia endometrial pseudo-placentacional corresponde a una anomalía del crecimiento y reparación del endometrio, caracterizada por un marcado crecimiento endometrial, con patrones similares a la reacción decidual de la placentación endoteliocorial zonal, característica de la especie canina. Dada la alta actividad endometrial, clínicamente esta condición puede caracterizarse por una acumulación de contenido mucoso, sanguinolento o mucosanguinolento en el útero y, además, puede producir que la especie canina presente una alta asociación con la inflamación endometrial, siendo predisponente para la presentación de piometra.

Palabras claves.

Perra, útero, hiperplasia endometrial pseudo-placentacional.

ABSTRACT

The bitch is characterized by an estrous cycle with a long period of progestagenic activity (diestrous), a situation that predisposes her to the development of inflammatory uterine pathologies or endometrial growth and repair. Pseudo-placental endometrial hyperplasia corresponds to an abnormality of endometrial growth and repair characterized by marked endometrial growth, with patterns similar to the decidual reaction of zonal endotheliochorial placentation characteristic of the canine species. Given the high endometrial activity, clinically, this condition can be characterized by accumulation of mucous, bloody or mucosanguinolent content in the uterus and also presents high association with endometrial inflammation, being predisposing to the presentation of pyometra.

Key words.

Bitch, uterus, pseudoplacental endometrial hyperplasia.

Cómo citar:

Sánchez Riquelme, A.E. (2021). Hiperplasia endometrial pseudo-placentacional en la perra: una revisión sucinta. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 13 (2), 169-173. <https://doi.org/10.47847/fagropec>.



INTRODUCCIÓN

Entre los animales domésticos, la perra (*Canis lupus familiaris*) posee una biología reproductiva excepcional, clasificándose como hembra monoéstrica típica, política, no estacional y ovuladora espontánea (Concannon, 2011); esta presenta además un intervalo interestral (IIE) de entre 4 y 12 meses (Sánchez, 1999). El ciclo reproductivo de la perra se caracteriza por un prolongado período de anestro, alrededor de cuatro meses, durante el cual la hembra no evidencia signos de actividad ovárica. A esta fase le sigue un período de importante actividad folicular y de secreción de 17β -estradiol, el cual está caracterizado por la aparición de signos clínicos, tales como edema vulvar, descarga vaginal sanguinolenta y atracción del macho; este período del ciclo estral se denomina proestro y tiene una duración promedio de nueve días (Concannon, 2011).

Endocrinológicamente el proestro finaliza con la aparición del pico de hormona luteinizante (LH) (Concannon, 2011). En la siguiente fase, conocida como el estro, aparece la receptividad sexual y una marcada queratinización del epitelio vaginal; su duración promedio es de nueve días. Durante el primer tercio del estro suele ocurrir el pico de LH y la ovulación, con el consecuente desarrollo de los cuerpos hemorrágicos y cuerpos lúteos (Groppetti *et al*, 2015). Una vez finalizada la receptividad sexual y, en la medida en la que el epitelio vaginal disminuye significativamente - nivel de queratinización celular-, se entiende que ha comenzado el metaestro o diestro (fase lútea), durante la cual los niveles plasmáticos de progesterona se mantienen elevados (> 2 ng/ml), por alrededor de 60 a 90 días (Concannon, 2011).

Durante del ciclo estral, el endometrio experimenta una serie de modificaciones macroscópicas, microscópicas y moleculares; dichos cambios están asociados, principalmente, a la influencia de estrógenos y progesterona (De Bosschere *et al*, 2002) (Schlafer, 2012). En la fase estrogénica ocurre una proliferación celular y un incremento de la vascularización, mientras que, en la fase progestacional, el endometrio presenta dos etapas principales de crecimiento y otra de diferenciación; luego, desde el diestro medio hasta el anestro temprano, es característica la presencia de eventos degenerativos y regenerativos (Groppetti *et al*, 2010).

A su vez, durante el diestro, por efecto de la progesterona, el endometrio tiene sus glándulas plenamente desarrolladas y activas. Esta condición predispone a la especie canina, al desarrollo de hiperplasia endometrial quística, a endometritis y/o a hiperplasia endometrial pseudoplacentacional (Schlafer y Miller, 2007). En este sentido, cabe destacar que, no obstante existir abundante investigación en torno a la enfermedad endometrial canina, no existe plena claridad en cuanto a la etiopatogenia de un grupo de patologías concomitantes, como sería la relación sistemáticamente propuesta entre hiperplasia endometrial quística y piometra, utilizándose, por tanto, un lenguaje técnico que tiende a uniformar dichas patologías en la forma de un complejo. Ahora bien, para ambas entidades, el rol de la progesterona en tanto generadora de cambios celulares y moleculares, en el epitelio uterino, resulta indiscutible

(Sánchez y Arias, 2017).

Por su parte, según Schlafer (2012), las lesiones más comunes del útero canino se pueden clasificar en dos categorías: a) infecciones asociadas con endometritis; b) anomalías del crecimiento y reparación del endometrio. Respecto de estas últimas se destacan la hiperplasia endometrial quística, los pólipos endometriales, la adenomiosis, los quistes de inclusión serosos, la subinvolución de sitios placentarios y la hiperplasia endometrial pseudo-placentacional (Schlafer y Miller, 2007). Cabe destacar que, para cuadros de hiperplasia endometrial quística e hiperplasia endometrial pseudo-placentacional, se describe que la presencia de secreciones uterinas, eventualmente podrían favorecer el establecimiento de una infección bacteriana, con endometritis (Schlafer, 2012).

Hiperplasia endometrial pseudo-placentacional

La hiperplasia endometrial pseudo-placentacional se caracteriza por una lesión uterina, con presencia de un marcado crecimiento endometrial, de características similares a la reacción decidua de la placentación endotelio-chorial zonal, la que a su vez es característica de la especie canina (Nomura y Funahashi, 1999) (Schlafer y Gifford, 2008).

Siguiendo esta línea, se destaca un marcado crecimiento exuberante del endometrio, en un patrón difuso o segmentario, con alta semejanza a los tejidos maternos que se encuentran debajo de la placenta zonal canina normal. A menudo, se produce una necrosis coagulativa de los segmentos luminales de los pliegues endometriales, lo que a su vez provoca la aparición de restos amorfos en el lumen uterino, los cuales pueden confundirse con un exudado purulento (Schlafer y Gifford, 2008). En tal sentido, existe evidencia que deja ver que, la irritación leve, posiblemente asociada con una infección de bajo grado, es suficiente para iniciar esta cadena de eventos proliferativos, pero sólo cuando el endometrio está bajo la influencia de progestágenos (Chen et al, 2001).

Además, Mir et al. (2013) describen a la hiperplasia endometrial pseudo-placentacional, como una remodelación hiperplásica del endometrio, con una moderada endometritis linfoplasmática. Recientemente, Santana et al. (2020) describieron una asociación significativa, entre la frecuencia de hiperplasia endometrial pseudo-placentacional y la fase de diestro, del ciclo estral de la perra; así también lo hicieron, respecto de la relación entre hiperplasia endometrial pseudo-placentacional e inflamación uterina. Además de lo anterior, cabe señalar que la remodelación hiperplásica del endometrio, de tipo quístico o pseudoplacentacional y la endometritis subclínica, parecen tener una relación importante, con respecto de la infertilidad de las perras (Mir et al, 2013).

Igualmente, desde una perspectiva clínica, es posible señalar que las descargas vaginales suelen ser indicadores de una patología uterina, en presencia de un cuello uterino abierto (England, 2019); a su vez, según Pretzer (2008), la hiperplasia endometrial quística puede

implicar el hallazgo de piometra, de hematometra, de hidrometra o de mucometra, destacando además, que las últimas tres entidades difieren de la piometra, en la cual, el fluido uterino es clásicamente estéril, siendo sanguinolento, seroso y seromucoso respectivamente. Así entonces, en casos de hiperplasia endometrial pseudo-placentacional se ha descrito presencia de distensión uterina, con colecta de mucus (Mir *et al*, 2013); por lo tanto, se entiende que la presencia de secreción sanguinolenta o muco-sanguinolenta, en perras en diestro, se podría asociar con la hiperplasia endometrial pseudo-placentacional (Sánchez, 2015).

DISCUSIÓN

La hiperplasia endometrial pseudo-placentacional en la perra corresponde a una anomalía del crecimiento y de la reparación del endometrio; esta, se caracteriza por un marcado crecimiento endometrial, con patrones similares a la reacción decidua de la placentación endotelio-corial zonal, la cual es característica de la especie canina. Dada la alta actividad endometrial, clínicamente esta condición puede caracterizarse por la acumulación de contenido mucoso, sanguinolento o mucosanguinolento en el útero; además de ello, presenta una alta asociación con la inflamación endometrial, siendo predisponente para la presentación de piometra.

CONCLUSIÓN

La hiperplasia endometrial pseudo-placentacional en perras es una entidad patológica, que afecta el crecimiento y la reparación de la mucosa uterina, lo que a su vez puede afectar la fertilidad de aquella y generar condiciones clínicas compatibles con piometra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chen, Y., Wright, P., Lee, C. (2001). A model for the study of cystic endometrial hyperplasia in bitches. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl*, 57, 407-414.
- Concannon, P. (2011). Reproductive cycles of the domestic bitch. *Animal Reproduction Science*, 124, 200-210.
- De Bosschere, H., Ducatelle, R., Vermeirsch, H., Simoens, P. & Coryn, M. (2002). Estrogen- and progesterone receptor expression in cystic endometrial hyperplasia and pyometra in the bitch. *Animal Reproduction Science*, 70, 251-259.
- Groppetti, D., Pecile, A., Arrighi, S., Di Giancamillo A., Cremonesi, F. (2010). Endometrial cytology and computerized morphometric analysis of epithelial nuclei: a useful tool for reproductive diagnosis in the bitch. *Theriogenology*, 73, 927-941.
- Groppetti, D., Aralla, M., Bronzo, V., Bosi, G., Pecile, A. & Arrighi, A. (2015). Periovarian

- time in the bitch: What's new to know? Comparison between ovarian histology and clinical features. *Animal Reproduction Science*, 152, 108-116.
- Mir, F., Fontaine, E., Albaric, O., Greer, M., Vannier, F., Schlafer, D. & Fontbonne, A. (2013). Findings in uterine biopsies obtained by laparotomy from bitches with unexplained infertility or pregnancy loss: An observational study. *Theriogenology*, 79, 312–322.
- Nomura, K., Funahashi, H. (1999). Histological characteristics of canine deciduoma induced by intrauterine inoculation of *E. coli* suspension. *Journal of Veterinary Medical Science*, 61(4), 433-438.
- Sánchez, A. (1999). Factores que afectan el intervalo interestral en la perra: una revisión. *Revista Científica FCV-LUZ*, 9(6), 532-536.
- Sánchez, A. (2015). Hematometra e Hiperplasia Endometrial Quística en una Perra: descripción de un caso. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(1), 146-151.
- Sánchez, A. & Arias, F. (2017). Fundamentos y consideraciones de la patología endometrial canina. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 1-12.
- Santana, C., Santos, D., Trindade, L., Moreira, L., Paixao, T. & Santos, R. (2020). Association of Pseudoplacentational Endometrial Hyperplasia and Pyometra in Dogs. *Journal of Comparative Pathology*, 180, 79-85.
- Schlafer, D., & Miller, R. (2007). Female genital system. In Maxie, M.G. (Ed.), *Pathology of Domestic Animals*. (pp. 429-564). Saunders.
- Schlafer, D., Gifford, A. (2008). Cystic endometrial hyperplasia, pseudo-placentational endometrial hyperplasia and other cystic conditions of the canine and feline uterus. *Theriogenology*, 70, 349–358.
- Schlafer, D. (2012). Diseases of the Canine Uterus. *Reproduction in Domestic Animal*, 47(Suppl. 6), 318–322.

