

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

REVISTA FAGROPEC

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

Volumen 12 • Número 2 • Julio-Diciembre 2020



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

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

REVISTA

FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

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 Amazonía, 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)



REVISTA

FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETA

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

EQUIPO DE APOYO EDITORIAL

Beatriz Elena Patiño Quiroz, Mg.

Universidad de la Amazonia

Hernan Eduardo Ocañan Martinez, Mg.

Universidad de la Amazonia

Alba Cristina Espinosa, Mg

Universidad de la Amazonia

Edición y diagramación

Yeison Julián Penagos, Biólogo.

Editorial Unimazonia

Imagen portada

Jaime A. Oliveros, MVZ.

(Piscicola Oliverosfish)

EDITOR GENERAL

Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.

Universidad de Nariño

COMITÉ EDITORIAL

Francisco Alejandro Sánchez, Ph.D.

Universidad de los Llanos

Hugo Mantilla-Meluk, Ph.D.

Universidad del Quindío

Juan Fernando Naranjo, Ph.D.

Universidad CES

Naudin Alejandro Hurtado Lugo, Ph.D

Universidad Francisco de Paula Santander Sede Ocaña

Santiago Henao Villegas, Ph.D.

Universidad CES

COMITÉ DE ARBITRAJE

Juan Carlos Pinilla León, Ph.D.

Universidad de Santander sede Bucaramanga

Luis Gabriel Gonzalez, Ph.D.

Universidad Nacional sede Medellín

Jhon Jairo Bustamante Cano, Ph.D.

Universidad de Pamplona

Angel Alberto Florez Muñoz, Mg.

Universidad de Santander sede Bucaramanga

Luis Gabriel Rivera Calderon, Ph.D.

Universidad Antonio Nariño

Fernando Favian Castro Castro, Ph.D.

Universidad Antonio Nariño Sede Popayán

Marco Heli Franco Valencia, Ph.D.

Universidad Nacional

Luis Carlos Chaves Moreno, (c)Ph.D.

Universidad de la Amazonia

Faver Alvarez Carrillo, Ph.D.

Universidad de la Amazonia

Pedro A. Vargas Pinto, Ph.D.

Universidad de la Salle

Pablo Andres Motta Delgado, Msc

Misión Verde Amazonia

Gloria Elena Estrada, Ph.D.

Universidad de la Amazonia

Jaime Enrique Velasquez Restrepo, Ph.D.

Universidad de la Amazonia

NOTA DEL EDITOR

Nota del editor

Jorge Fernando Navia Estrada, Ph.D.

Páginas

180

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CAFÉ DEL SUR DE COLOMBIA 183

Tulio Cesar Lagos Burbano; Jorge Alberto Vélez Lozano, Danita Andrade Díaz

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE FLORENCIA, CAQUETÁ, COLOMBIA 194

Edgar Martínez Moyano

EFFECTO DE LA NATACIÓN SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y HEMATOLÓGICOS EN EL CABALLO 202

Johann Fernando Hoyos Patiño, Eliecer Franco Roa, Daniel Antonio Hernández Villamizar, Sergio Alberto Vargas Gómez, Jeimy Estefanny Sayago Velásquez

CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL SUR DE COLOMBIA 210

Wilmer Libey Delgado Gualmata, Jorge Fernando Navia Estrada, Tulio Cesar Lagos Burbano

ARTÍCULOS ESTUDIOS DE CASO

ABORDAJE MÉDICO-QUIRÚRGICO Y FISIOTERAPÉUTICO EN PACIENTE PEKINÉS CON TRAUMA MEDULAR AGUDO: REPORTE DE CASO 221

Miguel Angel Matiz-Herrera, Jimena Becerra Velasquez, Erika Valentina Arango Sandoval

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

FUENTES PROTEICAS DE BAJA DEGRADACIÓN RUMINAL Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE METANO EN BOVINOS DE CARNE 232

Thayná Ribeiro da Silva, Yury Tatiana Granja Salcedo, Daniela Alvarado Vesga, Juliana Duarte Messana

ESCRITOS DE REFLEXIÓN

LA ENFERMEDAD POR CORONAVIRUS 2019 (COVID-19) EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA: UNA MIRADA DESDE LA INICIATIVA DE ONE HEALTH 242

D. Katterine Bonilla-Aldana, Alfonso J. Rodriguez-Morales

MEMORIAS CONGRESO COLOMBIANO DE ACUICULTURA

Presentación	251
<i>Comité científico</i>	

Conferencias Magistrales



1. AGENDA 2030: LOS DESAFÍOS PARA UNA ACUICULTURA SOSTENIBLE	254
<i>Luis Alejandro Vinatea Arana</i>	
2. PRESAS VIVAS Y COPÉPODOS EN ACUICULTURA	256
<i>Prieto-Guevara, Martha Janeth; Torres Valencia, Gustavo; Torres-Bayona, Carlos</i>	
3. ASPECTOS RELEVANTES PARA REFLETIR SOBRE O PAPEL DOS SISTEMAS AQUÍCOLAS EM UM MUNDO DE TERRITÓRIOS TÃO DIVERSOS	259
<i>Juliana Schober Gonçalves Lima</i>	
4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LARVAS DE PECES: EL RETO DE ALIMENTAR A LOS VERTEBRADOS MÁS PEQUEÑOS DEL PLANETA	263
<i>Enric Gisbert Casas</i>	
5. DA ÁGUA AO PRATO: CÓMO PRODUCIR PEIXE SEGURO E SUSTENTÁVEL?	265
<i>Juliana Antunes Galvão</i>	
6. CULTIVO EN ETAPAS TEMPRANAS DE PECES NATIVOS DULCEACUÍCOLAS EN SISTEMAS DE BIOFLOCS	268
<i>Luis Felipe Collazos Lasso, Mitsuaki Ueno Fukura, José Alfredo Arias Castellanos, Sandra Clemencia Pardo Carrasco, Luis Alejandro Vinatea Arana</i>	
7. PRODUÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS: REPRODUÇÃO DE CASCUDOS	271
<i>Marcelo Assano</i>	
8. GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN DE PECES DULCEACUÍCOLAS COLOMBIANOS	273
<i>Edna Judiht Márquez Fernández</i>	
9. ECOTOXICOLOGÍA Y SALUD DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: ELEMENTOS FUNDAMENTALES PARA UNA SOLA SALUD	274
<i>Yohana M. Velasco-Santamaría</i>	

REVISTA

FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

TABLA DE CONTENIDO

Conferencias Magistrales



- | | |
|--|------------|
| 10. TRANSICIÓN DE UNA MADURACIÓN COMERCIAL DE <i>Litopenaeus vannamei</i>, DESDE FLUJO CONTINUO A RECIRCULACIÓN | 276 |
| <i>Espinoza Henriquez Jorge, Cataño Vergara Yamilis</i> | |
| 11. BIOTECNOLOGÍA APLICADA A AQUICULTURA: NOVAS METODOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO E PREVENÇÃO DE DOENÇAS | 278 |
| <i>Almeida, Daniela Volcan</i> | |
| 12. ENFERMEDADES EMERGENTES CON IMPACTO MUNDIAL QUE AFECTAN LA PISCICULTURA COLOMBIANA | 280 |
| <i>Vásquez-Machado Gersson Manuel, Avila-Coy Jersson, Pulido-Bravo Edgar Andrés, Yepes-Blandón Jonny</i> | |

Área Temática - Ponencias



- | | |
|--|------------|
| 1. SOCIOECONOMÍA DE LA ACUICULTURA | 284 |
| 2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS | 293 |
| 3. SANIDAD DE ORGANISMOS ACUÁTICOS | 302 |
| 4. REPRODUCCIÓN, LARVICULTURA Y ALEVINAJE DE ORGANISMOS ACUÁTICOS | 325 |
| 5. NUTRICIÓN DE ORGANISMOS ACUÁTICOS | 371 |
| 6. FISIOLOGÍA Y GENÉTICA DE ORGANISMOS ACUÁTICOS | 409 |
| 7. ACUICULTURA Y CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS | 418 |

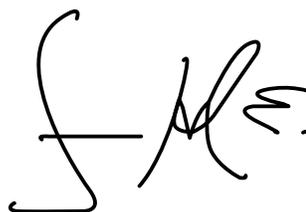
NOTA DEL EDITOR

Para la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de La Amazonía, es fundamental publicar en forma continua y decidida su número 1 del año 2020 de la revista FAGROPEC, por su perseverancia y trabajo holístico entre el comité editorial y comité directivo, presentando artículos de alta calidad que permitan la generación de alternativas de desarrollo, reflexión y de toma de decisiones para la Amazonía, fortaleciendo así a la comunidad académica, científica, técnica y productiva.

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

En este sentido, se va consolidando la Revista de Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC, como órgano divulgativo de gran calidad, que ha despertado el interés de diferentes investigadores a nivel regional, nacional e internacional para compartir sus trabajos a través de ella y es así como en esta edición cuenta con contribuciones llegadas desde diversas universidades del país, como Universidad de Santa Rosa de Cabal – UNISAR, Universidad Autónoma de Manizales; Universidad de Nariño, Universidad Tecnológica de Pereira, Fundación Universitaria Autónoma de Las Américas con excelentes profesionales de la Salud; Universidad de La Amazonía; Universidad Francisco Paula Santander, Universidad de Sao Paulo UNIESP y AGROSAVIA, con temas fundamentales en Abordaje quirúrgico en caninos; Caracterización de especies arbóreas y agrobiodiversidad en paisajes cafeteros; Del COVID 19 en la Amazonía y su mirada en la salud; Desempeño productivo del Bagre; La natación en equinos y producción de metano en bovinos carne, de alta importancia y actualidad para la Amazonía, por ser sistemas de producción relevantes en la región respectivamente.

Por lo tanto, para todo el equipo editorial, es primordial presentar esta edición, Volumen 12 No.2 de Julio a Diciembre de 2020, de la Revista FAGROPEC, con la diversidad de temas de alto impacto para la comunidad científica, asistentes técnicos, productores y gobierno regional, donde se fortalecerá el conocimiento para lograr estrategias de toma de decisiones en el manejo y salud animal canino, piscícola, equino y bovino, y de los sistemas productivos cafeteros, importantes para el desarrollo de la región, y así el departamento del Caquetá consolidará procesos de investigación e interacción social, que aportarán a la planificación integral en la región Amazónica.



Ph.D. JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA
Editor General

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Volumen 12 Número 2
Julio-Diciembre 2020

REVISTA
FAGROPEC
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE CAFÉ DEL SUR DE COLOMBIA

The state of agrobiodiversity in coffee production systems in southern Colombia

Tulio Cesar Lagos Burbano¹
Jorge Alberto Vélez Lozano²
Danita Andrade Díaz³



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

RESUMEN

Esta investigación estuvo orientada a estimar el estado de la diversidad específica, a través de los índices de riqueza, diversidad y equitabilidad en los sistemas productivos de café, en cuatro municipios que se encuentran ubicados en la subregión del Río Mayo, así como en la del Centro y en la del Occidente en el departamento de Nariño (Colombia). La obtención de la información se efectuó mediante visitas de campo, durante el primer semestre del año 2019, en 100 sitios de muestreo en cada municipio; en cada uno de los predios se identificaron las especies arbóreas y se realizó su respectiva clasificación taxonómica. Se encontraron 76 especies arbóreas dentro de los 400 sistemas productivos de café identificados; de estas, el 35,5% estaban presentes en los cuatro municipios, y eran pertenecientes a 37 familias, siendo la familia Fabaceae la más representativa y la naranja (*Citrus x aurantium*) la especie de mayor frecuencia, la cual fue encontrada en 299 fincas del total de las evaluadas. El municipio con el mayor número de especies y valor de índices de riqueza fue el de La Unión, con presencia de 60 especies diferentes, mientras que los municipios con los menores índices fueron los de La Florida y Sandoná. De igual forma, el municipio de La Unión obtuvo los mayores valores de diversidad, mientras que el de La Florida ocupó el último lugar. En cuanto a la estimación de equitabilidad, el municipio de Sandoná obtuvo la mayor calificación, seguido de los de La Unión, Consacá y La Florida. A su vez, los índices muestran que los sistemas productivos de café estudiados son diversos, asunto que contribuye a la mitigación del cambio climático.

Palabras clave

Diversidad; índices; frecuencia; especies arbóreas; cambio climático.

ABSTRACT

This research was oriented to estimate the specific diversity state through wealth, variety and equitability indices in coffee production systems in four municipalities of the May, Central and Western subregions of the department of Nariño (Colombia). The information was obtained through field visits during the first semester of 2019 in 100 sampling sites in each municipality. In each farm the tree species were identified and their respective taxonomic classification was carried out. 76 tree species were found within the 400 identified coffee production systems, where 35.5% were present in the four municipalities of a study aim. They belong to 37 families, the Fabaceae family being the most representative and the orange (*Citrus x Aurantium*) species being the most frequent one, found in 299 farms of the total number assessed. The Unión was established as the municipality with the highest number of species and the highest value of richness indices with the presence of 60

¹Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: tclagos3@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9222-4674>

²Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: jvelezlozano@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6726-7004>

³Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos, Universidad de Nariño (UDENAR), Ciudadela Universitaria Torobajo, 520008, Pasto, Nariño. E-mail: danitaan@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7579-4739>

Cómo citar:

Lagos Burbano, T. C., Vélez Lozano, J. A., & Andrade Díaz, D. (2020). Estado de la agrobiodiversidad en sistemas productivos de café del sur de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12 (2), 183-193. <https://doi.org/10.47874/fagropec.v12n2a1>

*Autor para Correspondencia:
tclagos3@gmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

different species, while the lowest corresponds to The Florida and Sandoná. Likewise the Municipality of The Unión obtained the highest diversity values, while The Florida obtained the last position. Regarding the estimation of fairness, the municipality of Sandoná obtained the highest rating followed by The Unión, Consacá and The Florida. The rates indicate that the coffee production systems studied are of a wide variety, which contributes to the mitigation of climate change.

Key words

Diversity components; indices; frequency; tree species; climate change.

INTRODUCCIÓN

En el sector agrícola colombiano, el desarrollo del sistema productivo de café es una de las principales actividades socioeconómicas. A su vez, el café es uno de los productos más importantes y representativos dentro del renglón de las exportaciones (Matta, 2017). Sin embargo, pese a los amplios beneficios económicos que reporta, en tanto su producción suele estar centrada en las exportaciones, su contribución a los suministros locales de alimentos es relativamente baja, así como también lo es su contribución a la conservación ambiental propiamente dicha. Por lo anterior, se ha propuesto que en los sistemas productivos de café se implemente o incremente el uso de especies arbóreas para sombrío, como una estrategia de conservación de la biodiversidad, de adaptación al cambio climático, de seguridad alimentaria, entre otros servicios de los ecosistemas (FAO, 2016; De Beenhouwer et al., 2016).

Hablando específicamente de la región cafetera colombiana, se han definido los siguientes sistemas de producción: el tradicional, el tecnificado, con semisombra y con sombra. (FNC-Cenicafé, 2013). Adicionalmente, en el departamento de Cundinamarca se han clasificado fincas productoras de café, de acuerdo con el porcentaje de sombra, considerándolas como fincas de sombrío alto (SA), fincas de sombrío medio (SM) y fincas de sombrío bajo (SB) (Zapata, 2019). Mientras que en el ecotopo E-220A en el departamento de Nariño (Gómez et al., 1991), los sistemas de producción de café se clasificaron en cuatro tipologías, las cuales se definen por la utilización de especies asociadas para sombrío, tales como la del café con sombra de leñosas (S1), la del café semisombra (S2), la del café asociado con musáceas especialmente al plátano (S3), y la del café sin sombra (S4) (Ordoñez et al., 2018).

Acorde con lo anterior, se evidencia la importancia del uso e implementación de las buenas prácticas agrícolas dentro del cultivo de café, en el entendido de que la inclusión de especies asociadas arbóreas, contribuyen con el aseguramiento de la calidad y con el desarrollo de prácticas que cuidan el medio ambiente y que a su vez garantizan el conjunto de principios y requisitos que deben seguirse durante los procesos de producción, tanto agronómicos, como de beneficio, con el fin de asegurar que el producto obtenido sea inocuo para el consumidor (Puerta et al, 2016, Navia et al., 2016).

Además, teniendo en cuenta que según el Sistema de Información sobre Biodiversidad, en Colombia existen 58.312 especies diferentes registradas, ubicándose el país entre los primeros lugares en diversidad a nivel mundial (SIB, 2020), es importante promover prácticas que contribuyan a detener la pérdida de bosques, teniendo en cuenta que estos benefician a cientos de millones de personas, incluidas muchas de las más pobres del mundo; personas cuyos medios de vida dependen de los bienes y los servicios ambientales que proveen los bosques y de las especies arbóreas. Así mismo,

tales prácticas ayudan a combatir el cambio climático, a proteger que tienen el 75% de la biodiversidad terrestre a nivel mundial y a mantener la resiliencia de los ecosistemas, respaldando de esta manera la agricultura sostenible (FAO, 2016).

Dicho lo anterior, los sistemas de producción agrícola manejados de forma amigable con el medio ambiente y en asocio con árboles nativos, son una buena estrategia para implementar programas de mitigación y adaptación al cambio climático. Incluir árboles nativos favorece económicamente a los productores e incrementa los lugares de refugio y las condiciones mínimas de sobrevivencia, de manera que sean semejantes a las de los ecosistemas naturales, para que los diferentes grupos de animales logren adaptarse a los cambios (Canal y Andrade, 2019). Además de que son medidas voluntarias adoptadas por los productores y el sector privado, que contribuye con los sistemas de certificación que sirve como salvaguardias económicos, sociales y ambientales (FAO, 2016).

Actualmente existen pocos estudios sobre la agrobiodiversidad de los sistemas productivos cafeteros del departamento de Nariño, aun cuando representan un aporte a la mitigación de los efectos del cambio climático y muestran una incidencia económica para los productores, por su contribución a la calidad del café. En Nariño, la estimación de la diversidad específica de los sistemas productivos de café se considera relevante, debido a que ayudaría a determinar cuál es el estado actual del mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales en los agroecosistemas más representativos del departamento.

Por lo tanto, este estudio plantea como línea base de conocimiento la agrobiodiversidad de los sistemas productivos de café en el sur occidente colombiano, como estrategia para promover su manejo y conservación, mediante la estimación del estado de la diversidad específica, a través de índices de riqueza, índices de equitabilidad e índices de diversidad, en los sistemas productivos de café en cuatro municipios de la subregión del Río Mayo, en la del Centro y en la del Occidente del departamento de Nariño

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó entre enero y junio del año 2019, en el municipio de La Unión, perteneciente a la sub región del Río Mayo; en los de Sandoná y Consacá pertenecientes a la subregión Occidente y en el de La Florida, perteneciente a la sub región Centro en el departamento de Nariño, el cual se encuentra ubicado al sur occidente de Colombia. Los lugares de evaluación se encuentran distribuidos en la Región Andina del departamento, entre los meridianos 77°07' y 77°29' longitud Oeste y los paralelos 01°10' y 01°36' latitud Norte, con altitudes que van desde los 1.139 hasta los 2.185 msnm. (Tabla 1).

Tabla 1.
Municipios evaluados en el departamento de Nariño durante el año 2019.

Municipio	Rango Altitudinal (m.s.n.m)	Rango latitudinal	Rango longitudinal
La Unión	1139 a 2185	1°35'23,4"N a 1°36'18.56"N	77°07'55,1"W a 77°08'01.09"W
La Florida	1883 a 2025	1°17'33.8"N a 1°24'00.0"N	77°18'46.2"W a 77°24'23.7"W
Sandoná	1567 a 1955	1°15'47.9"N a 1°19'45.3"N	77°25'10.2"W a 77°29'19.6"W
Consacá	1280 a 1957	1°14'57.6"N a 1°10'05.1"N	77°27'04.7"W a 77°29'20.6"W

Fuente: los autores

Según el consolidado agropecuario de Nariño (SADR, 2018), en el municipio de la Unión se registran 5.209 hectáreas sembradas con café, distribuidas en 4.294 fincas; en La Florida se reportan 1.488 hectáreas distribuidas en 1.527 fincas, mientras que en Sandoná y Consacá se registran 1.681 y 6.141 hectáreas distribuidas en 1.722 y en 1.697 fincas respectivamente (CCN, 2017). Acorde con esta información, se calculó el tamaño de muestra por municipio tomando como población el número de fincas por municipio, por tratarse de una población finita, se utilizó la fórmula de Murrey y Larry (2005), asumiendo un error del 10% y una probabilidad del 95%.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N \cdot p \cdot q}{i^2 (n-1) + Z_{\alpha}^2 p \cdot q}$$

Donde:

n: tamaño muestral

N: tamaño de la población

Z: valor correspondiente a la distribución de gauss, $Z_{\alpha} = 0.05 = 1.96$

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar.

q: 1 - p (si p = 70%, q = 30%)

i = error que prevé cometer si es del 10%, i = 0.1

Luego se promedió el tamaño de muestra, para finalmente realizar 100 levantamientos de información por municipio, distribuidos aleatoriamente a diferentes altitudes. Se determinó como unidad muestral una finca productora de café. Se recurrió a realizar recorridos en la zona. De acuerdo con la metodología propuesta por Anderson y Martínez-Meyer (2004), cada lugar fue georeferenciado y se registraron las siguientes variables: municipio (M), veredas (V), rango altitudinal (Ra), rango latitudinal (Rla), rango longitudinal (Rl), puntos georeferenciados (Pg), especies asociadas (Va). Para la determinación de los géneros y las especies se contó con el apoyo de profesionales expertos en taxonomía forestal; se utilizó literatura pertinente de claves y descriptores publicados en libros o revistas botánicas y se realizaron comparaciones con ejemplares depositados en el herbario de la Universidad de Nariño. La información se organizó en una base de datos en Excel para su análisis.

Análisis de la información

Para llevar a cabo el análisis de la información recopilada, inicialmente se creó una matriz con los 400 sitios que fueron objeto de estudio, los cuales fueron georeferenciados y evaluados, para luego graficar la distribución actual de las especies identificadas utilizando el software Arcgis 10.5. Utilizando la herramienta IDW en Arcgis 10.5 se obtuvo la interpolación mediante distancia inversa ponderada, para determinar los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente del conjunto de puntos de las fincas evaluadas; por lo tanto, se obtuvo la visualización de forma gráfica, de la distribución de las especies identificadas y de las zonas de mayor diversidad en términos de probabilidad. Se genera un mapa de consenso con los valores de píxel de 0 a 12; el color rojo representa las áreas con mayor número de especies; en color verde se representan las zonas evaluadas con menor cantidad de especies.

Posteriormente se realizó la estimación de los índices de riqueza, de los índices de diversidad específica y de los índices de equitabilidad, cómo se describe a continuación:

Índices de riqueza específica: se determinó mediante el número de especies (S), enumeradas en el total de las unidades muestrales, a partir del total de la frecuencia de especies observadas (n) y mediante la obtención del índice de Margalef (R₁; 1958):

Formula y el índice de Menhinick (R₂; 1964): $R_1 = \frac{S-1}{\ln(n)}$

Índices de diversidad: Se calculó el índice de Simpson (1949), D'_{si} mediante la aplicación de la siguiente ecuación, considerando una comunidad extensa, a partir de datos provenientes de una muestra de tamaño "n":

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{(n)}}$$

Índice de Simpson: se deriva de la teoría de probabilidades y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos 'extracciones' sucesivas al azar sin 'reposición'. Por lo tanto, se realiza una transformación apropiada para obtener una cifra correlacionada positivamente con la diversidad, a través del índice de diversidad de Simpson, Si_D aplicando la siguiente ecuación:

$$Si_D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i = 1 - D_{si}$$

p_i = abundancia proporcional de la i ésima especie: representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

Además, se obtuvo el índice de Shannon-Wiener (\hat{H}') (Shannon y Weaver, 1949), considerando que se trata de una población extensa, en la cual se conoce el número de especies y la abundancia proporcional de ellas en la muestra, con la siguiente fórmula:

$$\hat{H}' = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n}\right) \times \log_2 \left(\frac{n_i}{n}\right)$$

La precisión en la estimación del índice de Shannon-Wiener se calculó mediante la aproximación siguiente:

$$SD_{H'} = \sqrt{\sum_{i=1}^s \log_2 n_i - (\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i)^2}$$

Índices de equitabilidad: para cuantificar el componente de equitabilidad de la diversidad se calcularon los índices de Pielou (J') de Sheldon (E_{she}), el índice de Heip (E_{he}) y los números de diversidad de Hill (1973). Para el índice de Pielou (1969) se utilizó la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H}{\log_2 S}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

$\log_2 S$ = es la diversidad máxima (H'_{max}) que se tuvo de la distribución de las abundancias de las especies en los cuatro municipios:

$$H'_{max} = -s \left(\frac{1}{s} \times \log_2\right) = \log_2 S$$

Para el índice de Sheldon (1969), E_{she} se aplicó la formula exponencial de J' :

$$E_{she} = \frac{2^{H'}}{S}$$

Para el índice de Heip (1974) E_{he} se propone el índice de Sheldon con la sustracción del mínimo, mediante la siguiente fórmula:

$$E_{he} = \frac{2^{H'} - 1}{S - 1}$$

Finalmente, para la obtención de los números de diversidad de Hill (1973) se realizaron transformaciones

matemáticas a los índices antes propuestos y se obtuvo la denominada serie de números diversidad. Los números de diversidad de Hill obtenidos son:

Número 0: $N_0 = S$; S = número de especies

Número 1: $N_1 = e^{H'}$; H' = índice de Shannon – Wiener (en este caso calculado con logaritmos naturales)

Número 2: $N_2 = 1/D_{si}$; D_{si} = índice de Simpson

Y como índice de equitabilidad se obtuvo la razón entre N_2 y N_1 , por lo tanto $E_{hi} = N_2/N_1$.

Con cada uno de los índices de equitabilidad obtenidos se les dio una calificación de 1 a 4, siendo 4 el estimado para el mayor valor del índice obtenido y 1 el menor valor; con la sumatoria de los cuatro índices se obtuvo el municipio con mayor valor de equitabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con las variables de reconocimiento para la evaluación de la agrobiodiversidad registradas en los cuatro municipios se observa que del total de las fincas cafeteras evaluadas, dos de las ubicadas en el municipio de Consacá, las que a su vez corresponden al 0,5% de la muestra, se encuentran a libre exposición, sin otras especies asociadas; lo anterior contrasta con lo reportado por Puerta et al., (2016) quien indica que el 63% de 162 cafetales evaluados en el departamento de Antioquia se encontraba a libre exposición. Las demás fincas dentro del sistema productivo de café registran de 1 a 12 especies asociadas (Figura 1).

En las zonas evaluadas en los cuatro municipios analizados en el presente estudio se registraron 76 especies distribuidas en 37 familias, encontrándose además que el 35,5% de las especies se encuentran en los cuatro municipios. Las cinco familias con mayor número de especies identificadas fueron, en el siguiente orden, la Fabaceae con 12 especies, seguida por Rutaceae con ocho especies, la Bignoniaceae y la Malvaceae con cinco especies cada una, y la Myrtaceae con cuatro especies. Los valores obtenidos en este estudio son mayores a los registrados en tres municipios del departamento de Cundinamarca (Colombia), donde Zapata (2019) encontró 43 especies arbóreas asociadas a los cafetales, teniendo en cuenta que el 16% de ellas estaban presentes en los tres lugares evaluados y definiendo que las familias más abundantes eran las de la Fabaceae, la Myrtaceae y la Rustaceae.

Se observa además que la Naranja (*Citrus x aurantium*) es la especie hallada con mayor frecuencia en 299 de las fincas muestreadas. En el municipio de La Unión, también se encuentra que la especie de mayor presencia es la naranja (*C. x aurantium*), la cual estaba presente en 85 fincas; en los municipios de La Florida y Sandoná, en cambio, es el Acacio (*Urera baccifer*) la especie con mayor frecuencia, hallada en 96 y 83 fincas respectivamente.

Al ubicar geográficamente las coordenadas de cada uno de los sitios evaluados, se observa que la zona con mayor diversidad de especies, es decir, la que se encuentra marcada de color rojo, se halla al norte del municipio de la Unión, con un rango máximo de 9 a 12 especies, mientras que el rango mínimo en diversidad de especies se localiza en el municipio de Consacá, con fincas que tienen de cinco a ocho especies (Figura 1).

En cuanto a los índices de riqueza, La Unión es el municipio con el mayor número de especies registradas, con un total de 60, seguido del municipio de Consacá con un total de 45, La Florida y Sandoná con un total de 41 cada una (Figura 2).

En el índice de Margalef se encontró que el municipio de La Unión presenta el mayor valor (7,56) al igual que para el índice de Menhinick (1,21), seguido del municipio de Consacá con un valor de 5,64 para Margalef y de 0,91 para Menhick. Por otra parte, no se presentó diferencia entre los municipios de La Florida y Sandoná, con

Figura 1. Mapas de distribución de riqueza de especies asociadas a los sistemas productivos de café en: La Unión (a), La Florida (b), Sandoná (c) y Consacá (d) en el departamento de Nariño.

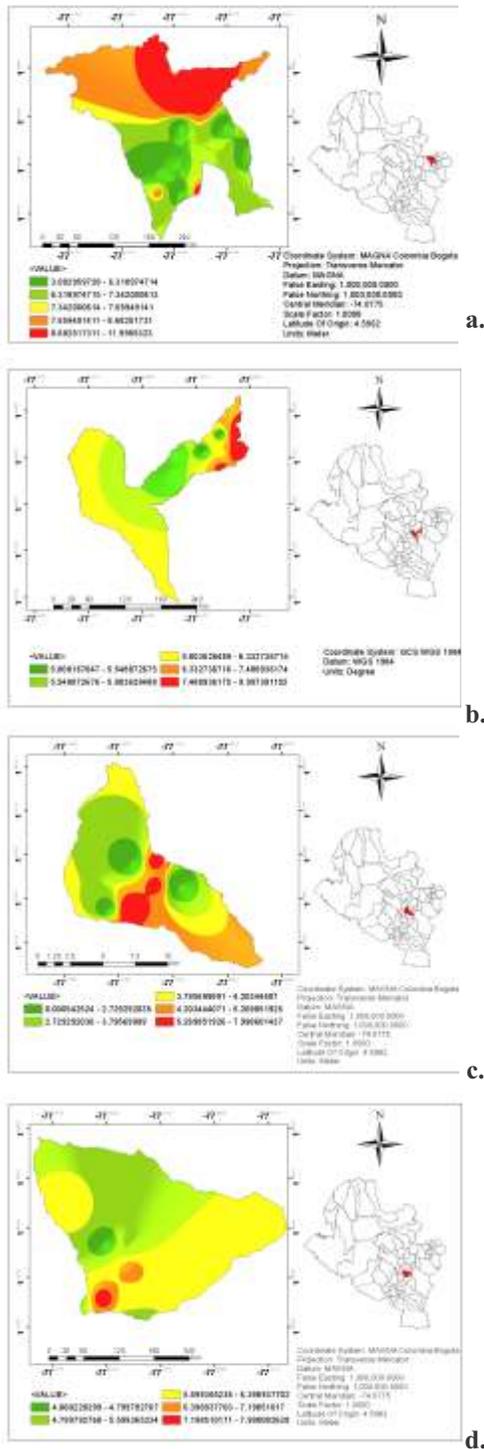
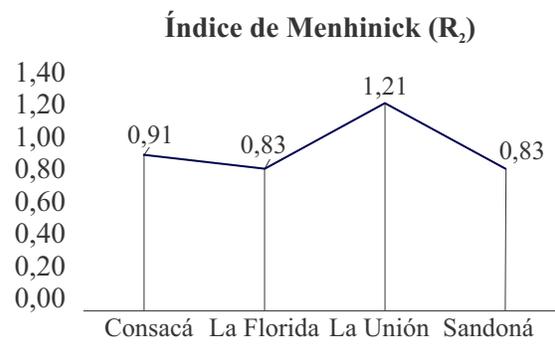
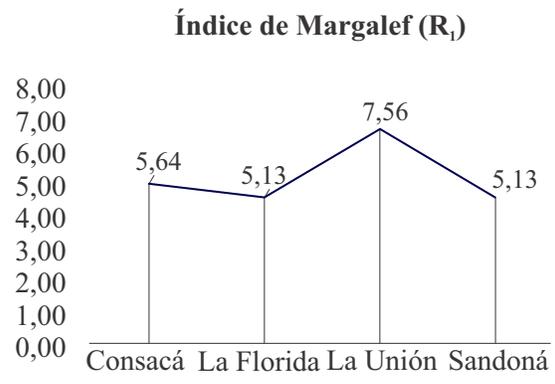
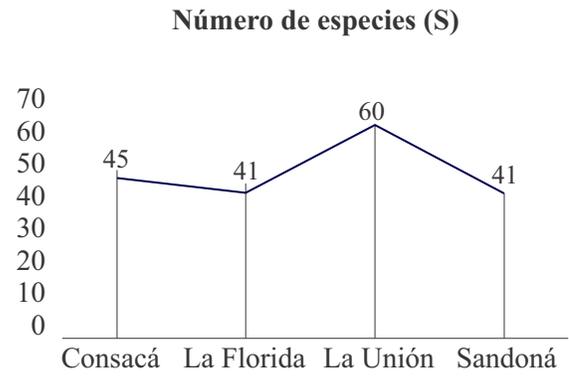


Figura 2. Índices de riqueza específica de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados en el departamento de Nariño.



valores de 5,13 para Magalef y 0,83 en Menhick (Figura 2). Como se observa, no existe diferencia en cuanto a la superioridad de los valores obtenidos a través de los índices evaluados, debido a que la diversidad específica es una propiedad emergente de las comunidades biológicas que se relaciona con la variedad dentro de ellas, lo cual expresa la riqueza de especies o el número de diferentes especies presentes (Hurlbert, 1971).

En cuanto a los índices de diversidad se observa que el orden del municipio de mayor a menor valor para el índice de Simpson (D'_{si}) es La Florida ($D'_{si}=0,09$), Consacá ($D'_{si}=0,08$), Sandoná ($D'_{si}=0,07$), y la Unión ($D'_{si}=0,06$). Por lo tanto, en el municipio de La Florida existe una mayor probabilidad de que se encuentre con mayor frecuencia la misma especie, mientras que en La Unión es más baja la probabilidad de encontrar fincas productoras de café con las mismas especies (Figura 3). Lo anterior se corrobora con el índice de diversidad de Simpson (S_{iD}), siendo el municipio de la Unión el de mayor valor de este índice con 0,94, seguido de Sandoná con 0,93, Consacá con 0,92 y La Florida con 0,91 (Figura 3).

Para el índice de Shannon-Wiener (H'), el mayor valor con 4,6 se obtuvo en el municipio de La Unión, mientras que el de menor se obtuvo en La Florida con 3,9. Lo anterior se corrobora al calcular la precisión en la estimación ($SD_{H'}$), con valores de 5,2 para La Florida y de 4,7 para La Unión (Figura 3). Teniendo en cuenta que en el municipio de La Unión, la actividad cafetera se desarrolla en fincas productivas heterogéneas en términos de manejo del componente sombra, se ha encontrado que existen muchos modelos de sistemas de manejo, desde el sistema tradicional (policultivo) caracterizado por la alta presencia del componente leñoso y cultivos asociados, hasta monocultivos en los cuales se ha eliminado completamente todo tipo de vegetación leñosa (Ordóñez et al., 2018).

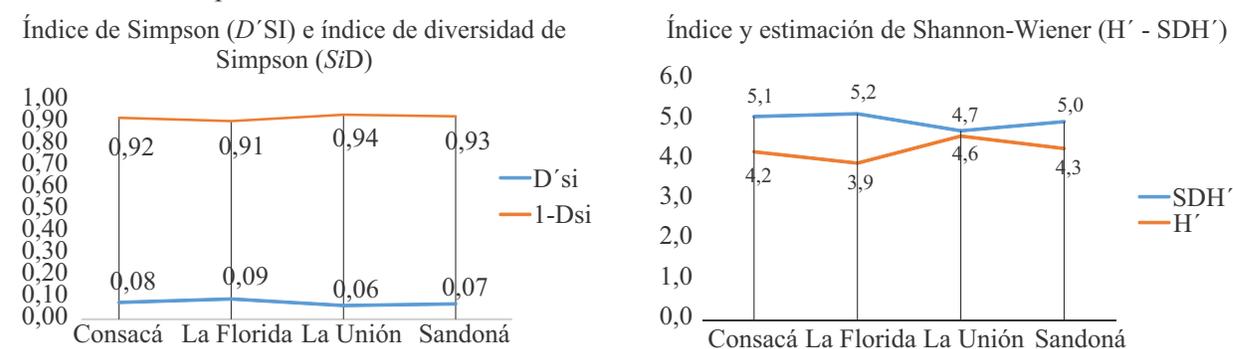
Los anteriores índices de diversidad obtenidos indican una mayor diversidad al interior de los sistemas de producción cafetera en los cuatro municipios evaluados a lo largo del departamento de Nariño, en contraste con los valores de diversidad evaluados bajo el índice de Shannon en el departamento de Cundinamarca, los cuales estuvieron entre 0,8 y 1,6 así como en Atoyac Veracruz donde se obtuvieron valores del mismo índice de 2,4 y 3,6 en cafetales de policultivo y cultivo simple (Zapata, 2019; García 2014).

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitabilidad. En algunos casos, el valor del índice de diversidad estimado puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitabilidad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse tanto de una comunidad con baja riqueza y alta equitabilidad, como de una zona con alta riqueza y baja equitabilidad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (Hurlbert, 1971).

Para cuantificar el componente de equitabilidad, en el entendido de la distribución de la abundancia entre las

Figura 3.

Índices de diversidad de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados en el departamento de Nariño.



especies que integran los sistemas productivos de café, se obtuvo que al dar una calificación de uno al menor valor de cada uno de los índices evaluados y de cuatro al mayor valor, el municipio de Sandoná obtiene una puntuación de 15 ($E_{she} = 0,48 = 4$; $E_{he} = 0,10 = 4$; $J' = 0,80 = 4$; $E_{hi} = 0,45 = 3$), siendo este el de mayor equitabilidad, seguido por el municipio de La Unión con una puntuación de 12 ($E_{she} = 0,41 = 3$; $E_{he} = 0,05 = 2$; $J' = 0,78 = 3$; $E_{hi} = 0,59 = 4$) el de Consacá con 10 ($E_{she} = 0,41 = 3$; $E_{he} = 0,07 = 3$; $J' = 0,77 = 2$; $E_{hi} = 0,38 = 2$) finalmente La Florida con 7 ($E_{she} = 0,37 = 2$; $E_{he} = 0,07 = 3$; $J' = 0,73 = 1$; $E_{hi} = 0,30 = 1$) (Figura 4).

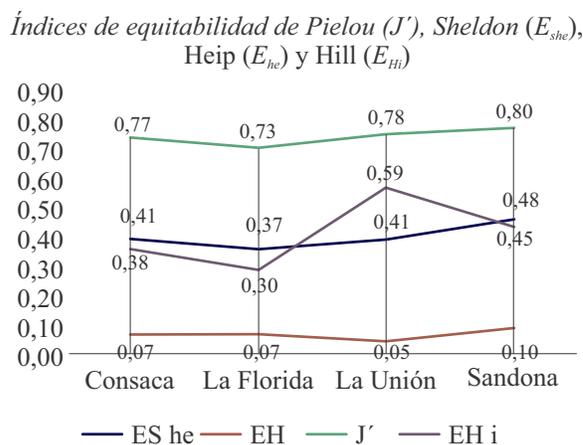
Los resultados de las evaluaciones realizadas en los sistemas cafeteros del departamento de Nariño indican que existe una importante agrobiodiversidad dentro de este renglón productivo, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático, en el entendido de que los sistemas, en asocio con especies arbóreas, contribuyen con la mitigación a los efectos del cambio climático, tal como lo han demostrado Canal y Andrade (2009) quienes concluyen que los que sistemas productivos de café, en asocio con especies como *C. Alliodora*, son sistemas amigables con el ambiente en términos de huella de carbono, por ser la fijación de carbono en su biomasa, lo que contrasta con sistemas en monocultivo o en asocio únicamente con plátano.

Adicionalmente, en varios países existe la dificultad de conservar la diversidad biológica presente de manera ex situ o en colecciones vivas, debido a que se requieren grandes cantidades de recursos materiales y humanos (Rodríguez y Rodríguez, 2020). Este estudio muestra que dentro de los sistemas de producción cafetera existe una importante diversidad; el conocimiento de la misma sirve de base para su manejo y conservación, por ser zonas de montaña donde se desarrollan habitualmente actividades de agricultura y son susceptibles de ser manejadas racionalmente (Floras et al, 2005). Además, los sistemas productivos asociados con otras especies o con sistemas agroforestales han sido considerados como prácticas que contribuyen con la mitigación de los efectos al cambio climático, puesto que reducen las fuentes de gases efecto invernadero (IPCC, 2014; Marin et al., 2016; Canal y Andrade, 2019).

CONCLUSIONES

En general, los sistemas productivos de café evaluados en este estudio se encuentran en un 99,5% en asocio con otras especies y en un 0,5% libres de exposiciones. La mayor riqueza de especies se encuentra en el municipio de La Unión con 60 de estas, seguido del municipio de Consacá que reporta 24 especies.

Figura 4.
Índices de equitabilidad de especies asociadas a los sistemas productivos de café en cuatro municipios evaluados del departamento de Nariño.



El hecho de que la mayor diversidad de especies se encontrara en el municipio de La Unión, indica que allí hay más baja probabilidad de encontrar especies repetidas entre los sistemas productivos de café de la zona; no obstante, la mayor equitabilidad se encuentra en el municipio de Sandoná, lo cual indica una buena relación entre la riqueza de especies y la diversidad de las mismas en la zona evaluada.

Finalmente, se encuentra que en los sistemas cafeteros del departamento de Nariño existe una importante agrobiodiversidad, lo cual contribuye a la mitigación del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Gobernación de Nariño por la financiación y el apoyo a través de los recursos del

departamento del Fondo Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR); también al Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de CTeI; a la Universidad de Nariño por la ejecución y administración y finalmente a los investigadores y docentes que integran el Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, R. y Martínez-Meyer E. (2004). Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*, 116(2), 167-179. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00187-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00187-3)
- Canal, D. y Andrade, H. (2019). Sinergias mitigación - adaptación al cambio climático en sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), de Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 36-46. <https://n9.cl/blv4a>
- Comité de Cafeteros de Nariño - CCN. (2017). Comité de Cafeteros de Nariño. *Labores de registro en fincas*. Colombia: Sistema de información cafetero (SICA).
- De Beenhouwer, M., Geeraert, L., Mertens, J., Maarten, V., Aerts, R., Vanderhaegen, K. y Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.017>
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. FAO. <https://n9.cl/hgn5>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2013.) *Manual del cafetero colombiano*. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo II. Legis. <https://n9.cl/f6f6u>
- Flores, M., Alegría, J. y Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habasocha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 125-134. <https://n9.cl/b6neu>
- García, E. (2014). *Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz*. [tesis de maestría, Colegio de Posgraduados, Texcoco, México]. <https://n9.cl/8lt2g>
- Gómez, L., Caballero, A. y Baldión, J. (1991). *Ecotopos cafeteros*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE – Agroclimatología División de Desarrollo Social. <https://n9.cl/yi9v>
- Heip, C. (1974). A New Index Measuring Evenness. *Journal of Marine Biological Association*, 54(3), 555-557. <https://doi.org/10.1017/S0025315400022736>
- Hill, O. (1973.) Diversity and Evenness: a Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hurlbert, S. (1971). The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters. *Ecology*, 52(4): 577-586. <https://doi.org/10.2307/1934145>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Servicio al ciudadano. <http://www.igac.gov.co/igac>.

- IPCC. (2014). Climate Change 2014. Synthesis report. <https://n9.cl/j2wic>
- Margalef, D. (1958). *Information Theory in Ecology*. General Systematics, 3, 36-71
- Marín, M., Andrade, H. y Sandoval, A. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 351-360. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.201>
- Matta, Y. 2017. Exportaciones de Colombia. Expresiones. *Revista Estudiantil de Investigación*, 4(8), 71-75. <https://n9.cl/nw4wd>
- Menhinick, E. (1964). A Comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects. *Ecology*, 45(4), 859-861. <https://doi.org/10.2307/1934933>
- Murray, R. y Larry, J. (2009). *Estadística*. 4a ed. Mc Graw-Hill. <https://n9.cl/55nl>
- Navia-Estrada, Jorge; Gallego-Galvis, Ider y Jojoa-Barios, Iván. Impacto del programa Nespresso AAA en la zona cafetera del municipio de la Unión – Nariño. *Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. 9 (1). Pp. 30 – 37. Enero – junio de 2016.
- Ordóñez, H., Navia, J. y Ballesteros, W. (2019). Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión Nariño, Colombia. *Temas Agrarios*, 24(1), 53-65. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1779>
- Pielou, E. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Inter-science.
- Puerta, G., González, F., Correa, A., Álvarez, I., Ardila, J., Girón, O., Ramírez, C., Baute, J. Sánchez, P., Santamaria, M. y Montoya, D. (2016). Diagnóstico de la calidad del café según altitud, suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Cenicafé*, 67(2), 15-51. <https://n9.cl/2wci>
- Rodríguez, N. y Rodríguez, J. (2020). Colecciones para la diversidad biológica. *Poeyana Revista Cubana de Zoología*, 510(1), 1-9. <https://n9.cl/9sm2>
- SADR-Consolidado Agropecuario. (2018). *Consolidado Agropecuario Departamento de Nariño*. <https://n9.cl/qdyn>.
- Shannon, E. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press-Urbana. <https://n9.cl/3rqwm>
- Sheldon, A. (1969). Equitability Indices: Dependence on the Species Count. *Ecology*, 50(3), 466-467. <https://doi.org/10.2307/1933900>
- Simpson, E. (1949). *Measurement of Diversity*. Nature, 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- SIB-Sistema de Información sobre la Biodiversidad en Colombia. (2020). *Biodiversidad en cifras*. <https://sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras-2020/>.
- Zapata, P. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciência Florestal*, 29 (2), 685 - 697. <https://doi.org/10.5902/1980509827037>

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE FLORENCIA, CAQUETÁ, COLOMBIA

Analysis of fish production in the municipality of Florencia, Caquetá, Colombia

Edgar Martínez Moyano¹



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

¹Biólogo, Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia, E-mail: nacionaledgar2012@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7608-2872>

Cómo citar

Martínez Moyano, E. (2020). Análisis de producción piscícola en el municipio de Florencia, Caquetá, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12(2), 194-201. <https://doi.org/10.47874/fagropec.v12n2a2>

*Autor para correspondencia:
nacionaledgar2012@gmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

RESUMEN

El presente trabajo se basa en los resultados obtenidos tras la realización en un análisis sobre la producción piscícola en el municipio de Florencia, el cual se encuentra localizado en la Amazonia colombiana; se tuvieron en cuenta seis corregimientos; el del El Caraño, el de Santo Domingo, el de Venecia, el de San Martín, el de Ortegaza y el de San Pedro. Se encuestó a 120 familias y se evaluaron cuatro componentes básicos relacionados con la producción: el componente social, el productivo, el económico y el legal-ambiental. Los datos obtenidos fueron introducidos en el programa Infostat versión profesional (Di rienzo, *et al.*, 2019). A partir de allí se realizó un análisis de componentes principales-ACP; sobre el componente social se encontró que 120 familias dependen de la actividad objeto de estudio y que ella aporta cerca del 78% del capital económico de esa población; se evidencia además que se cultivan gran variedad de especies y que la mayor producción se desarrolla en el corregimiento de Venecia, produciéndose aproximadamente 200 toneladas por año, en mayor medida de cachama; por su parte, el corregimiento de El Caraño produce mayoritariamente mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y sábalo amazónico (*Bricon melonepterus*), en promedio de 1 tonelada anual; el corregimiento de Santo domingo produce carpa (*Ciprinus carpio*) y bocachico (*Prochylodus nigricans*) en aproximadamente 2 toneladas anuales; San Martín, San Pedro y Ortegaza tienen producciones medias. Dentro de las especies con mayor valor económico se encuentra el pirarucú (*Arapaima gigas*), con un valor de entre 20.000 a 26.000 COP por kilogramo y el Bagre rayado (*Pseudoplatystoma fassciatum*) con un valor de entre 11.000 a 14.000 COP por kilogramo. Se evidencia además que solo uno (1) de los 6 corregimientos cumple con los requerimientos establecidos para el funcionamiento ambiental y legal adecuado.

Palabras clave

Amazonia colombiana; piscicultura; producciones agrícolas.

ABSTRACT

The present work is based on the results obtained after conducting an analysis of fish production in the municipality of Florencia, which is located in the Colombian Amazon; six townships were taken into account; that of El Caraño, that of Santo Domingo, that of Venice, that of San Martín, that of Ortegaza and that of San Pedro. 120 families were surveyed and four basic components related to production were evaluated: the social, the productive, the economic and the legal-environmental components. The data obtained were entered into the Infostat professional version program (Di rienzo, *et al.*, 2019). From there, a principal component-PCA analysis was performed; Regarding the social component, it was found that 120 families depend on the activity under study and that it contributes about 78% of the economic capital of that population; It is

also evidenced that a great variety of species are cultivated and that the greatest production takes place in the district of Venice, producing approximately 200 tons per year, to a greater extent of cachama; For its part, the El Caraño district produces mostly silver mojarra (*Oreochromis niloticus*) and Amazonian shad (*Bricon melonepterus*), an average of 1 ton per year; the Santo Domingo district produces carp (*Ciprinus carpio*) and bocachico (*Prochylodus nigricans*) in approximately 2 tons per year; San Martín, San Pedro and Orteguaza have medium productions. Among the species with the highest economic value is the pirarucú (*Arapaima gigas*), with a value of between 20,000 to 26,000 COP per kilogram and the Striped catfish (*Pseudoplatystoma fassciatum*) with a value of between 11,000 to 14,000 COP per kilogram. It is also evidenced that only one (1) of the 6 townships meets the requirements established for proper environmental and legal operation.

Key words

Colombian Amazon; fish farming; agricultural productions.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura es una de las áreas enfocadas en la producción de peces, mediante la utilización de cuerpos de agua totalmente controlada por el hombre. Esta, fue y sigue siendo la actividad más significativa dentro de la producción acuícola, aunque tuvo su época de mayor auge entre las décadas de 1960 y 1970 (SENACSA, 2006). En dichas décadas se imprimió un gran desarrollo científico, tecnológico e investigativo y se logró la reproducción exitosa en laboratorio de varias especies de peces; estas investigaciones jugaron además un papel muy importante en la producción de alimentos de origen acuático (Dinara, 2010).

El crecimiento de la piscicultura pasó de un 3,9% en 1970, a un 32,4% en 2004, obteniéndose un crecimiento general mundial en una tasa promedio anual de un 8,8% entre 1970 y 2004 (AUNAP, 2016). Dicho crecimiento es el más elevado en comparación con cualquier producción de origen animal. Lo anterior, debido a que se logró una mayor siembra de animales por metro cuadrado, además de la instauración de dietas especialmente balanceadas, así como del desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo, principalmente el cultivo en jaulas suspendidas y de la difusión de esta producción a nivel mundial (Dinara, 2010).

En Colombia, este tipo de producción se inició a finales de los años treinta del siglo pasado, cuando fue introducida la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) con el fin de repoblar las lagunas de la región Andina. A mediados del año 1970, se introdujeron en el país los primeros alevinos de tilapia (*Oreochromis* sp.) y a principios del año 1980, se iniciaron trabajos con las especies nativas, especialmente con la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y negra (*Colossoma macropomum*), con el fin de incentivar actividades encaminadas a diversificar las fuentes económicas de los pequeños productores campesinos (AcuaTIC, 2012).

Para el año 2011, la producción piscícola en el Caquetá estuvo distribuida en 162 granjas, con una producción de 1.112 toneladas; esta cantidad equivale a 1.068 toneladas de cachama (*Piaractus brachypomus*), 10 toneladas de tilapia roja (*Oreochromis* sp) y 34 toneladas de otras especies occidentales. La mayor producción se encontraba localizada en la cabecera municipal, donde habitaba la mayor parte de la población (Merino *et al.*, 2013).

Para el presente estudio se buscó relacionar los niveles de producción piscícola del municipio de Florencia, Caquetá, como una estrategia para medir la sostenibilidad de los productores en dicho municipio. Lo anterior, con el objetivo de contribuir a un conocimiento más amplio sobre el manejo y la cantidad de familias que, de una o de otra forma, dependen de esta actividad pecuaria, además aportar en el acopio de información sobre los niveles de productividad en la región objeto de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Florencia es la capital del departamento de Caquetá, el cual se encuentra localizado en la Amazonia colombiana. Cuenta con un área aproximada de 2.433,6 km², de los cuales cerca del 40% se encuentra localizado en el paisaje de cordillera, el cual se halla por encima de los 900 m.s.n.m. y pertenece a la Reserva Forestal de la Amazonia, misma que fue creada por la Ley 2^a de 1959; el área restante, que se encuentra localizada en el Piedemonte y en la Llanura Amazónica, fue sustraída de dicha reserva, para propiciar el asentamiento de las poblaciones localizadas en el área, y el establecimiento del Distrito de Conservación de Suelos y Aguas del Caquetá. Sus límites son por el norte y el oriente con el municipio de La Montañita; por el sur con el municipio de Milán, por el occidente con los municipios de Morelia y Belén de los Andaquíes, y por el noroccidente con el departamento del Huila.

Recolección de la información

Se evaluaron cerca de 120 productores, los cuales se encuentran distribuidos en los seis corregimientos del municipio de Florencia (El Caraño, Santo Domingo, Venecia, San Martín, Ortegaza y San Pedro), a quines se les realizó una encuesta libre, en la que se les consultó sobre cuatro componentes específicos, los cuales se relacionan a continuación.

Componente social: Se pretendía conocer la cantidad de personas que dependían de la actividad objeto de esta investigación; además se buscaba saber a qué se dedicaban, qué edades tenían y conocer otros aspectos propios de la población de estudio.

Componente productivo: A partir de este componente se evidenció qué cultivaban los productores objeto del análisis y en qué cantidades lo hacían, además de poder observar cómo era esta producción, en cuanto a asociaciones con otras especies y de qué forma se daba esta sinergia.

Componente económico: A través de este componente se observaron los precios de venta, tanto de las especies como de los alevinos que se comercializaban y además se analizó hacia donde se dirigían dichas comercializaciones.

Componente legal-ambiental: en este componente se observó si se cumplía con la normatividad vigente para las concepciones de agua y cómo se abordaban los asuntos relacionados con el manejo de este recurso hídrico.

Análisis de datos

Los datos fueron introducidos en una tabla de Excel por cada uno de los componentes evaluados; posteriormente fueron llevados al programa InfoStat en su versión profesional (Di rienzo, *et al.*, 2019) y desde allí se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP), relacionando cada uno de los corregimientos, con las variables evaluadas dentro de las entrevistas semiestructuradas.

RESULTADOS

Componente social

En el municipio de Florencia, departamento del Caquetá, hay cerca de 120 familias que dependen económicamente de la actividad piscicultora, la cual generalmente es desarrollada por 4 integrantes, por lo que se observa así un incremento en la población que se beneficia de esta actividad económica. Existe un arraigo cultural muy bien fundamentado por la actividad donde se pasa las formas y métodos de producción de manera generacional haciendo aún más rica dicha actividad.

A pesar de que la mayoría de estas familias utilicen otra forma de sustento, dicen sentirse muy conformes con el dinero obtenido por dicha actividad, la cual aporta cerca del 78% de su capital monetario destinado a gastos varios y subsistencia. El 81,2% de las personas manifiestan ser dueñas de los predios lo que hace que los ingresos sean más amplios ya que no deben pagar a terceros por dicha actividad, además de esto es importante mencionar que la mayoría de estas familias poseen todos los servicios básicos (energía, agua potable y alcantarillado), a pesar de estar ubicado en la zona rural del municipio. Lo que hace un enriquecimiento más amplio en el manejo de dichos recursos.

Componente productivo

Se cultiva gran variedad de especies: cachama blanca (*Piaractus brachypomum*), bocachico (*Prochylodus nigricans*), tilapia roja (*Oreochromis sp.*), mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*), pirarucú (*Arapaima gigas*), arawana (*Osteoglossum bicirrhosum* y *Osteoglossum ferreirae*), carpa roja (*Ciprinus carpio*), yamú (*Bricon siebenthalae*), sábalo amazónico (*Bricon melonepterus*), trucha (*Oncorinkus mikiis*), cachama negra (*Colossona macropomum*), y bagre rayado (*Pseudoplatystoma fassciatum*).

El mayor índice de producción se encuentra en el corregimiento de Venecia; allí se produce en su mayoría pirarucú (*Arapaima gigas*), cachama (*Piaractus brachypomum*), tilapia (*Oreochromis sp.*) y Arawana (*Osteoglossum bicirrhosum* y *Osteoglossum ferreirae*). Este corregimiento produce aproximadamente 200 toneladas de pescado por año, en su mayoría es cachama (54% de la producción). El corregimiento del Caraño produce mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y sábalo amazónico (*Bricon melonepterus*), cerca de 1 tonelada anual, convirtiéndose en uno de los corregimientos con menor producción. El corregimiento Santo Domingo produce carpa (*Ciprinus carpio*) y bocachico (*Prochylodus nigricans*) con 2 toneladas anuales aproximadamente; los corregimientos de San Martín, San Pedro y Orteguzza tienen producciones medias de todos los peces reportados para este estudio (Figura 1).

Componente económico

La mayoría de estas producciones cuentan con un buen mercado dentro de toda la comunidad, tanto a nivel local, como a nivel regional. Los corregimientos del Caraño y San Martín tienen un mercado a nivel regional y también para autoconsumo; los demás corregimientos tienen un mercado a nivel local (Figura 2). Cabe recalcar que buena parte importante de estos corregimientos producen la gran mayoría de especies de peces y no solo se concentran en una sola producción como tal.

En cuanto al mercado se logra observar que los precios de la cachama blanca (*Piaractus brachypomum*) oscilan entre los valores de 6.000 a 8.500 COP por kilogramo (Kg.); el bocachico

Figura 1.

Análisis de Componentes Principales (ACP) para la productividad piscícola en el municipio de Florencia, Caquetá.

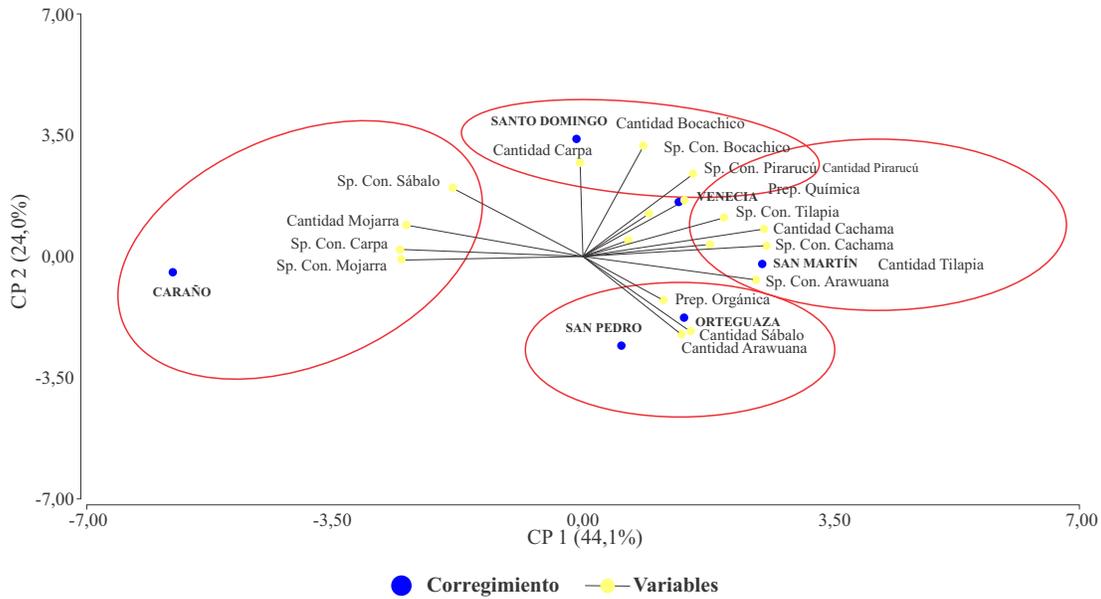
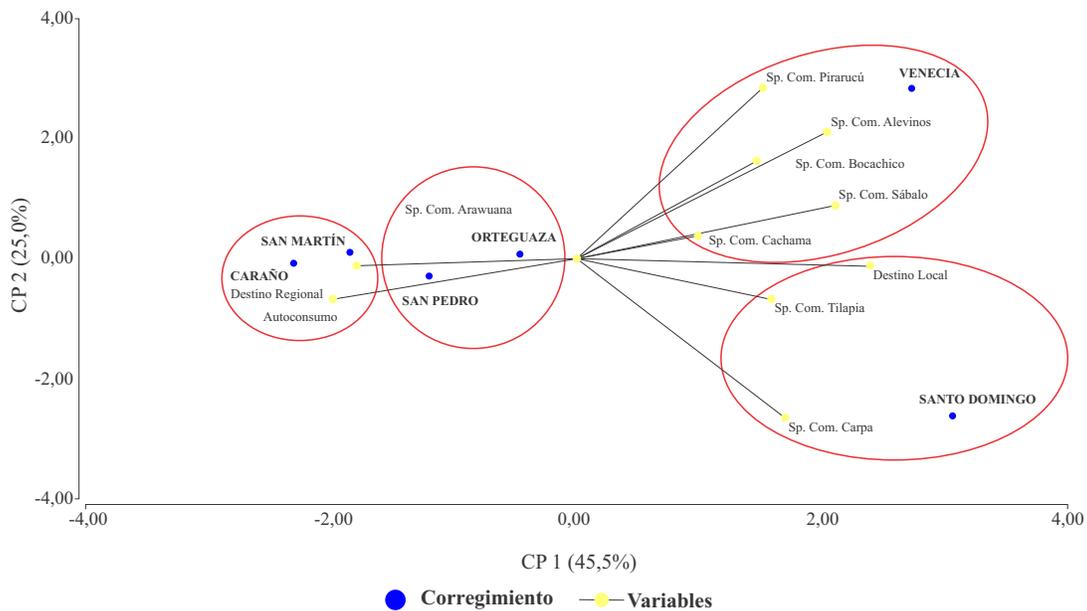


Figura 2.

Análisis de Componentes Principales (ACP) para el componente económico de la producción piscícola en el municipio de Florencia, Caquetá.



(*Prochylodus nigricans*) entre los 10.000 a los 12.000 COP por kilogramo (Kg.); la tilapia roja (*Oreochromis* sp.) entre los 9.000 a los 13.000 COP por kilogramo (Kg.); el pirarucú (*Arapaima gigas*) entre los 20.000 a los 26.000 COP por kilogramo (Kg.); la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum* y *Osteoglossum ferreirae*) entre los 1.000 a los 3.000 COP por alevino; el sábalo amazónico (*Bricon melonepterus*) entre los 7.000 a los 9.000 COP por kilogramo (Kg.) y el bagre

rayado (*Pseudoplatystoma fassciatum*) entre los 11.000 a los 14.000 COP por kilogramo (Kg.); los valores indicados obedecen a los precios comerciales que usan dichos productores.

Componente legal-ambiental

En cuanto a este componente se puede determinar que de los seis corregimientos, solo uno cumple con los requerimientos establecidos para el funcionamiento ambiental y legal adecuado; dicho corregimiento es el de Venecia, en el cual se encuentra la existencia de vertimientos para el depósito adecuado de las aguas; además se tiene concesión de aguas y se hace una adecuada ocupación del cauce. Lo anterior indica que es de vital importancia trabajar sobre este índice, para poder lograr que el resto de los corregimientos puedan llegar a cumplir a cabalidad con los estándares adecuados (Figura 3).

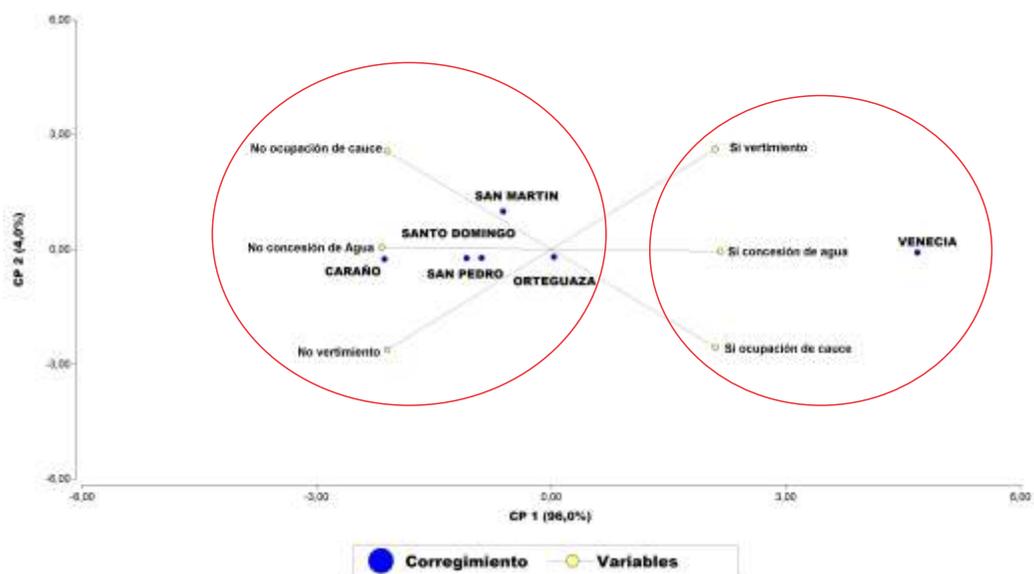
De igual forma podemos observar, de acuerdo con la percepción de los productores, que existe un déficit en cuanto al proceso de acompañamiento por parte de los entes de control y por tanto la información sobre el manejo adecuado y demás aspectos relacionados no llegan con precisión hasta dichos productores.

DISCUSIÓN

El número de familias en el municipio de Florencia, departamento del Caquetá, que subsisten gracias a la piscicultura para este estudio fue de 120, contrastando este dato con lo reportado por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, la cual indica que la producción piscícola en el departamento del Caquetá ha tenido un papel importante en el desarrollo de en esta región, contando con aproximadamente 350 familias productoras y con una producción aproximada de 1.800 toneladas al año, principalmente de cachama (*Piaractus brachipomus*), bocachico (*Prochilodus nigricans*) y sábalo (*Bricon melonepterus*) (UPRA, 2018).

Figura 3.

Análisis de Componentes Principales (ACP) para el componente legal-ambiental de la producción piscícola en el municipio de Florencia, Caquetá.



De acuerdo con los estudios publicados por la FAO en el año 2012, a nivel mundial la acuicultura ha mostrado una importante dinámica de crecimiento, pasando de una producción de 35,5 millones de toneladas a una de 63,6 millones de toneladas, entre el año 2000 y el año 2011 respectivamente. Así mismo la producción piscícola se ha orientado principalmente hacia los mercados internos, con exportaciones relativamente marginales, pero con gran potencial (Merino *et al.*, 2013).

La acuicultura en Colombia está dividida en tres grupos bien diferenciados: acuicultura continental, acuicultura marina y acuicultura con peces ornamentales. La acuicultura continental es únicamente piscicultura y está representada principalmente por la producción de tilapia, cachama, trucha y algunas especies nativas (Merino *et al.*, 2013); teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, se encuentra que existe una gran relación con respecto al cultivo de las familias en el municipio de Florencia donde se producen especies como la cachama blanca (*Piaractus brachypomum*), el bocachico (*Prochilodus nigricans*), la tilapia roja (*Oreochromis* sp.), la mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*), el pirarucú (*Arapaima gigas*), la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum* y *Osteoglossum ferreirae*), la carpa roja (*Ciprinus carpio*), el yamu (*Bricon siebenthalae*), el sábalo amazónico (*Bricon melonepterus*), la trucha (*Oncorinkus mikiis*), la cachama negra (*Colossoma macropomum*) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*).

En Colombia en el año 1998, el consumo per cápita de pescado fue de 3,8 kilogramos y para el año 2005 se observó un aumento, pasando a una cifra de 5,3 kilogramos. Con respecto al departamento del Caquetá, el consumo fue de 2,1 kilogramos (Ceballos, 2006), observándose un aumento en el consumo, con un incremento de 9,6 kilogramos para el año 2014 (Estrada *et al.*, 2014).

Ahora bien, en la región de estudio se observa que la mayoría de las familias productoras utilizan diferentes formas de sustento, siendo la piscicultura la que aporta cerca del 78% de su capital económico, el cual es utilizado en gastos varios y subsistencia. Según la FAO, la acuicultura tiene una rentabilidad mayor, si se la compara con otras actividades agropecuarias tradicionales. Para el caso de Colombia, el plan de negocio sectorial de la piscicultura, señalaba que para el 2015, la piscicultura del país estaba demostrando una capacidad de crecimiento en inversiones (Polania *et al.*, 2016).

Por otro lado, de los seis corregimientos seleccionados para este estudio, solo uno cumple con el componente legal-ambiente, lo que lleva a concluir que los otros cinco corregimientos generan un impacto al medio ambiente. Según Villamizar, en su guía ambiental para el subsector acuicultor colombiano (Villamizar, 2012), en general el establecimiento de una producción piscícola causa un impacto, pero es en la operación de la producción, cuando el impacto que se genera al medio ambiente es mayor, si no se hace un uso correcto de las aguas y residuos que genera la producción.

CONCLUSIONES

En el municipio de Florencia, la producción piscícola cuenta con las condiciones óptimas para el desarrollo de las diferentes especies piscícolas cultivadas; además, se observa una tendencia hacia el crecimiento activo del sector, debido al aumento de consumo per cápita del producto. Por su parte las familias vinculadas con este sistema productivo registran una calidad de vida económicamente satisfactoria. Sin embargo, la mayoría de los sistemas estudiados no cuentan con los requisitos legales establecidos, lo que deriva en importantes riesgos de impacto sobre los ecosistemas naturales

relacionados con ellos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de la Amazonia por ser la financiadora de este proyecto; a los estudiantes del curso de piscicultura amazónica, por haber sido quienes realizaron buena parte del trabajo de campo y finalmente al Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por su aporte a la formación integral de investigadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AcuaTIC.. (2012). Historia de la piscicultura en Colombia. Consultado el 16 de abril del 2019. <https://cutt.ly/zhpijPm>.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarine M, Gonzales L, Tablada M y Robledo C. (2019). InfoStat versión 2019. Grupo InoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Dirección nacional de recursos acuáticos (DINARA). (2010). *Manual básico de piscicultura en estanques*. Consultado el 16 de abril del 2019. http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1959_manual.pdf.
- Estrada-Cely G, Ocaña-Martínez H, Suárez-Salazar JC. (2014). El consumo de carne como tendencia cultural en la amazonía colombiana. *Rev CES Med Zootec*. Vol 9(2): 227-237.
- Merino M, Bonilla S, Bages F. (2013). *Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia*. Colombia. AUNAP autoridad nacional de acuicultura y pesca- FAO Bogotá. Consultado el 26 de mayo del 2019. <https://cutt.ly/mhpoRZT>
- Polonia-Rivera C, Roca-Lanao J, Altamar L, Manjarrés-Martínez. (2016). *Renta económica asociada a la acuicultura en Colombia: un análisis basado en once núcleos de producción*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Santa Marta, 16 p.
- Servicio nacional de calidad y salud animal (SENACSA). (2006). Manual de producción piscícola. Tema. Producción piscícola. Paraguay. Consultado el 16 de abril del 2019. http://www.senacsa.gov.py/application/files/1114/2706/9638/manual_piscicultura.pdf.
- Unidad de planificación rural agropecuaria (UPRA). (2006). En Florencia, Caquetá se valida la información de acuicultura. UPRA; (1): 1.
- Villamizar N. (2012). Elaboración de una guía ambiental para el subsector acuicultor colombiano. Universidad pontificia bolivariana, ingeniería ambiental. Consultado el 26 de mayo del 2019. <https://cutt.ly/Fhpo6O0>

EFECTO DE LA NATACIÓN SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y HEMATOLÓGICOS EN EL CABALLO

Effect of swimming on physiological and hematological parameters in the horse



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

¹MSc. Universidad Francisco de Paula Santander, GI@SD y GIPAB. Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia. E-mail: jfhoyosp@ufpso.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-0377-4664>

²MVZ. Universidad de Pamplona, GIAS, Pamplona, Colombia. E-mail: equinoseliecer@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4035-720X>

³MSc. Universidad Francisco de Paula Santander, GI@SD y GIPAB, Ocaña, Colombia. E-mail: dahernandezv@ufpso.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-1971-8365>

⁴Zootec. Universidad de Pamplona, Colombia. E-mail: sergiovargas744@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8189-758X>

⁵Universidad de Santander UDES, Facultad de Ciencias de la Salud, Estudiante del programa de Bacteriología y laboratorio Clínico. E-mail: sayagotefi2903@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-9510>

Cómo citar

Hoyos Patiño, J. F., Franco Roa, E., Hernández Villamizar, D. A., Vargas Gómez, S. A., & Sayago Velásquez, J. E. (2020). Efecto de la natación sobre parámetros fisiológicos y hematológicos en el caballo. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12(2) 202-209. <https://doi.org/10.47874/fagropec.v12n2a3>

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



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

Johann Fernando Hoyos Patiño^{1*}

Eliecer Franco Roa²

Daniel Antonio Hernández Villamizar³

Sergio Alberto Vargas Gómez⁴

Jeimy Estefanny Sayago Velásquez⁵

RESUMEN

El presente estudio describe la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y los parámetros hematológicos de caballos criollos colombianos entrenados en piscina, en el criadero Villa María ubicado en la vereda El Palmar de Villa del Rosario, en el Norte de Santander. Se realizó seguimiento de 7 equinos criollos Colombianos, de entre 36 a 60 meses de edad, tomando muestras en reposo (T0), al momento de terminar el entrenamiento (T1) y 15 minutos después de terminar el entrenamiento (T2). El enfoque de la investigación fue cuantitativo, fundamentado en la medición de las características del fenómeno, delimitado por las variaciones de las constantes fisiológicas y hematológicas de los equinos evaluados. El análisis de los resultados demostró que los muestreos T0 y T2 presentaron parámetros fisiológicos dentro de los rangos normales, tanto para frecuencia cardíaca, como para frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos. En el muestreo T1 los linfocitos y monocitos mostraron diferencia en relación con los otros muestreos, donde los linfocitos descendieron y los monocitos superaron el nivel normal, lo cual es indicativo de un mayor grado de respuesta al estrés.

Palabras clave

Caballo colombiano; natación; parámetros, fisiológicos; hematológicos.

ABSTRACT

The present study describes the heart rate, respiratory rate and hematological parameters of Colombian Criollo horses trained in a swimming pool at the Villa María breeding farm in El Palmar, Villa del Rosario in the North of Santander. Seven Colombian Criollo horses between 36 and 60 months old were sampled at rest (T0), at the end of the training (T1) and 15 minutes after finishing the training (T2). The focus of this research was quantitative, based on measuring the characteristics of the phenomenon, delimited by the variations of physiological and hematological constants of the evaluated equines. The analysis of the results showed that the T0 and T2 samples presented physiological parameters within the normal ranges for heart rate, respiratory rate and hematological parameters. In the T1 sampling, the lymphocytes and monocytes showed difference in relation to the other samples, where the lymphocytes decreased and the monocytes exceeded the normal level. These results indicated a higher degree of response to stress.

Key words

Colombian horse; hematological; physiological; swimming.

INTRODUCCIÓN

La natación en piscina, como alternativa de entrenamiento para caballos de alto rendimiento, desarrolla fortaleza y potencializa las cualidades del equino (Corvalán, 2000; Hoyos y Franco, 2020a). Esta actividad también es recomendada para la recuperación física por lesiones músculo-esqueléticas, pues evita la atrofia muscular producto del reposo, acortando el proceso de rehabilitación (Davie, *et al.*, 2008).

La natación es utilizada como entrenamiento cruzado, apoyando el entrenamiento cardiovascular para el equino y presenta la ventaja de reducir al mínimo la tensión diaria en las articulaciones y las extremidades, favoreciendo su flexibilidad (Hobo, *et al.*, 1998; Hoyos y Franco 2020b). Por otra parte la natación se puede considerar, como un ejercicio no específico del entrenamiento, que permite excelentes resultados, con la aplicación gradual durante el proceso de doma y adiestramiento (Corvalán, 2000).

El adiestramiento del caballo criollo colombiano, entendido como un proceso de intervención antrópica, tiene como fin hacer que el ejemplar desarrolle, con ayuda de un régimen de entrenamiento progresivo, todo su potencial físico. El éxito o fracaso del proceso determina en gran parte el rendimiento en pista, por lo que un animal adiestrado inadecuadamente, probablemente no pueda desempeñarse satisfactoriamente en competencia, llegando en la mayoría de los casos, a considerarse su descarte (Hoyos, 2016).

La alternativa de la natación en piscina para potenciar el proceso de entrenamiento de los caballos es muy amplia, brindando un ambiente progresivo para las necesidades cardiovasculares, minimizando así el impacto en el sistema musculoesquelético (Hoyos, 2020). Por tanto, estudiar el efecto de su aplicación sobre las constantes fisiológicas y hematológicas, determinará el nivel de bienestar animal, cuando el ejemplar sea sometido a este proceso. (Patiño, *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente surge la pregunta ¿cuáles son los efectos fisiológicos y hematológicos de la aplicación del entrenamiento de natación en piscina, en el caballo de silla colombiano?

En tal sentido, el objetivo general de esta investigación, es el de describir el efecto del entrenamiento de natación en piscina, sobre la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y los parámetros hematológicos, en caballos criollos colombianos del criadero Villa María de la ciudad de Cúcuta.

A su vez, los objetivos específicos planteados fueron los siguientes:

- Caracterizar el proceso de entrenamiento de natación en piscina, aplicado a los equinos de competencia del criadero Villa María.
- Determinar la variación de la frecuencia cardíaca y de las frecuencias respiratorias pre y post entrenamiento de natación en piscina, en caballos criollos colombianos.
- Establecer los cambios sucedidos de las constantes hematológicas pre y post entrenamiento de natación en piscina, en caballos criollos colombianos.

METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación fue cuantitativo. Según (Taylor y Bogdan, 2004), el cual se fundamenta en la medición de las características del fenómeno. En este caso, delimitando por las variaciones de las constantes fisiológica y hematológicas de los equinos evaluados. El tipo de investigación aplicada fue descriptiva, ya que reseña las características de un fenómeno existente, a través de la recolección de datos, interpretación y análisis, en atención al universo real de donde proviene (Arias, 2006), caracterizando el comportamiento de las constantes fisiológicas y hematológicas durante el periodo de entrenamiento. La selección de los ejemplares se amparó en el tipo de muestra no probabilística por conveniencia (Balestrini, 2006), el cual permite seleccionar los ejemplares objeto de estudio, dadas las características de disponibilidad de acceso, de colaboración del criador y de presupuesto para la ejecución de la investigación (Bernal, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área de estudio. Se llevó a cabo en el Criadero Villa María, en Villa del Rosario al Norte de Santander; a una altitud de 440 msnm. coordenadas satelitales latitud 7.8566226 longitud -72.45360370000003, con temperatura promedio de 28° y máxima de 35°C. El criadero cuenta con una extensión total de 22 hectáreas, de las cuales, 3 hectáreas están destinadas a instalaciones; 2 hectáreas están destinadas para pasto de corte, 10 hectáreas están destinadas para potreros y 7 hectáreas están destinadas para producción de heno. El criadero se encuentra ubicado a una distancia de 25 kilómetros de la ciudad de Cúcuta (Alcaldía de Villa del Rosario, 2019).

Especímenes de estudio. Para este estudio se evaluó un grupo de 7 caballos criollos colombianos de la trocha y el galope, con edades que oscilan entre los 36 a los 60 meses. Los ejemplares fueron evaluados clínica y etológicamente, para evitar ejemplares con alteraciones sanitarias que afectaran la efectividad de los datos.

Levantamiento de la información parámetros fisiológicos. Las variables fisiológicas de frecuencia cardiaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), tomadas en los tiempos T0: ejemplar en reposo; T1: después del ejercicio y T2: 15 minutos después del ejercicio.

Frecuencia cardiaca. Fue identificada medio de auscultación con estetoscopio; el campo de auscultación del equino se encuentra delimitado cranealmente por el margen caudal de la escápula y la musculatura del hombro, dorsalmente por la musculatura del lomo, caudalmente se extiende hasta la altura de la tuberosidad coxal y ventralmente hacia el codo (Guerrero *et al.*, 2009).

Frecuencia respiratoria. Fue registrada mediante observación de los movimientos del tórax, de los flancos o de los ollares. También se realizó acercándose al caballo, colocando la mano en los ollares, para notar la salida de aire y contar las respiraciones por minuto. Para la auscultación directa con fonendoscopio, se ubicó la campana de auscultación en los primeros anillos traqueales a la altura de la laringe, que se pueden palpar en la zona ventral del cuello. En un caballo sano es de 8-20 rpm (en los potros 20- 30 rpm) (Guerrero *et al.*, 2009).

Muestra sanguínea. La muestra de sangre se tomó con aguja calibre 16, 18 o 21 en la vena yugular, previa desinfección de la zona; se extrajo un total de 5 ml de sangre por animal, el cual fue depositado en tubo con solución anticoagulante de EDTA (Vacutainer tapa lila), este fue completamente rotulado, homogenizado suavemente y refrigerado para su envío al laboratorio, donde se analizó con la máquina Prenta Ochenta (Patiño-Quiroz *et al.*, 2016).

Análisis estadístico. Se propone que todos los participantes del estudio sean tratados como una unidad experimental para el desarrollo de la investigación. Para el análisis de datos, cada muestra se estima como una variable de respuesta para el método de procesamiento y las constantes fisiológicas y sanguíneas obtenidas.

Los datos se presentan como promedio y desviación estándar, calculados para cada una de las variables analizadas, con el fin de presentar datos descriptivos sobre el comportamiento de los parámetros.

Implicaciones éticas. Según Estrada-Cely y Parra-Herrera (2016), la bioética puede expresarse desde una postura deontológica o microbioética, que asume y analiza las interacciones al interior de las relaciones, entre los individuos de la especie humana, entre las personas, y se fundamenta en el principio de igualdad, establecido desde el respeto a la autonomía y desde una conducta no maliciosa. La otra forma de expresión de la bioética es la macrobioética desde la que se asume y se analizan las interacciones entre individuos de diferentes especies, fundamentándose en la desigualdad, desde el que se entiende que el ser humano posee un estado de superioridad, que supone también mayor responsabilidad, en razón a su condición como uno ser con sentido moral; se entiende entonces desde esta postura, que la toma de decisiones en este campo, se encuentra orientada por la justicia en términos de igual consideración con los intereses del otro, considerándolo necesariamente como un ser diferente del humano; igualmente se tiene en cuenta la idea de la compasión, entendida como la continua disposición de ponerse en el lugar del otro (Engelhardt, 1995; Beauchamp y Childress, 1999; Carmona, et al., 1999; Cely, 2002; Beorlegui, 2005; Capó-Martí, 2005; Hottois, 2007).

El conjunto de pautas anteriores, incluyendo los lineamientos específicos establecidos internacionalmente por Cardozo-Martínez (2007), fundamentan los pilares de análisis del Comité de Bioética de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, los cuales avalaron el desarrollo de la presente investigación como se indica en la Resolución 043 del 23 de agosto de 2018.

Descripción del comportamiento de la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos. Los equinos al momento del estudio, ya tienen entrenamiento previo en piscina y están habituados al protocolo del proceso. Los datos obtenidos se clasificaron en tres momentos de muestreo T0, T1 y T2 (Tabla 1). Cada ejemplar dio 6 vueltas, 3 por cada lado, equivalentes a 1.800 m, para un total de 3.600 m.

Luego de analizar los datos, se observa que existe una diferencia entre los resultados de T0 y T1, al igual que entre los de T1 y T2. Esto se debe al esfuerzo que los caballos realizan durante el proceso de adiestramiento, lo que genera presión en el sistema, lo que se manifiesta como un aumento de los

Tabla 1.

Frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos en los tres momentos de muestreo.

Variable	T0 Media	T1 Media	T2 Media
FC	36.33 ± 13.77	42.02 ± 1.07	37.02 ± 8.93
FR	17.38 ± 7.09	24.31 ± 6.95	19.31 ± 8.13
RecL	10.13 ± 1.86	11.15 ± 2.17	10.39 ± 1.84
Neut%	19.25 ± 5.74	21.99 ± 10.86	15.83 ± 8.13
Linf%	58.80 ± 10.20	40.72 ± 10.20	58.80 ± 6.54
Mono%	9.75 ± 3.15	17.92 ± 4.97	9.00 ± 10.67
Eosi%	2.19 ± 1.08	2.60 ± 1.34	1.93 ± 1.15
Baso%	0.37 ± 0.31	0.66 ± 0.33	0.39 ± 0.69
Conteritro	8.68 ± 1.51	9.11 ± 2.24	8.61 ± 1.16
hemog	13.47 ± 2.35	13.88 ± 2.16	12.82 ± 1.59
hemato	36.81 ± 5.86	37.66 ± 5.57	35.46 ± 4.08

parámetros estudiados (Tabla 1). Por otro lado, no hay diferencia entre los resultados de las muestras T0 y T2, lo cual se debe al proceso de entrenamiento gradual y a la capacidad de las muestras para volver a un estado estable. (Figura 1).

Además de ello, no hubo una diferencia significativa en la frecuencia cardíaca y respiratoria entre las muestras T0 y T2, que fue superior al rango reportado para esta especie (36-40 p / my 8-20 rpm) (Gutiérrez y Gonzales, 1998; Ramírez, 2005) y Guerrero et al., 2009) (Tabla 1). Sin embargo, debido al esfuerzo cardiovascular que representa la natación, han cambiado en el muestreo T1, con incrementos promedio en la frecuencia cardíaca y respiratoria de 5.69 p/m y 6.93 rpm, respectivamente (Figura 1).

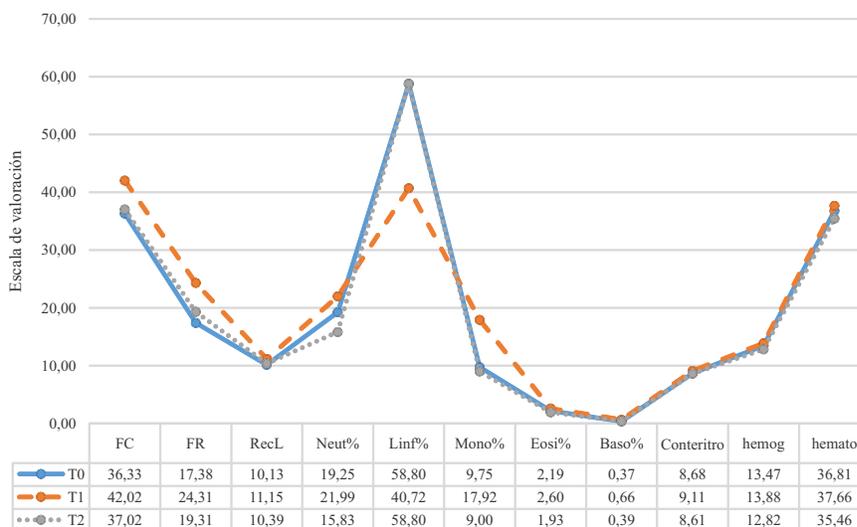
De acuerdo con la evaluación de Castillo et al. (2010), los parámetros hematológicos evaluados no cambiaron significativamente las muestras T0 y T2 (Tabla 1) y aún se encontraban entre los estándares normales para caballos. Además de los porcentajes de linfocitos y monocitos, estos cambiaron durante el muestreo de T1 (Figura 1).

Los linfocitos, que cumplen la función como segunda línea de defensa, después de los neutrófilos, presentaron un descenso de 18.8 puntos porcentuales en el muestreo T1 (Figura 1), ubicándose dentro del rango normal, pero disminuido en relación con los otros dos muestreos. Según García et al. (1995), disminuyeron frente a condiciones de estrés crónico, crecimiento, lesiones, o en caballos con carácter nervioso (Tabla 1).

Los monocitos presentaron un incremento de 8.17 puntos porcentuales en el muestreo T1 (Tabla 1), superando los límites normales (Benjamin, 1991), por lo que representan un parámetro para la determinación de estrés, producto del esfuerzo que realiza el ejemplar en el proceso de natación (Figura 1).

Figura 1.

Frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos en caballos criollos colombianos entrenados con natación en piscina.



El comportamiento de los ejemplares en el muestreo T2 (Tabla 1), demuestra la capacidad de recuperación, producto del modelo de entrenamiento gradual y de los cuidados por parte del equipo de trabajo, retomando parámetros normales en todas las variables evaluadas (Gutiérrez y González, 1998; Ramírez, 2005 y Guerrero et al., 2009) (Figura 1).

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del proceso se caracterizó el entrenamiento de natación en piscina, implementado en el criadero Villa María, determinándose la importancia de aplicarlo gradualmente, para lograr el acondicionamiento físico de los ejemplares de alta competencia, en tanto fortalece la capacidad cardiovascular, sin atentar contra el sistema músculo esquelético.

En los muestreos T0 y T2 se presentaron parámetros fisiológicos dentro de los rangos normales para frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos. En el muestreo T1, los linfocitos y los monocitos mostraron diferencia en relación con los otros muestreos; los linfocitos descendieron y los monocitos superaron el nivel normal, lo cual es indicativo de mayor grado de respuesta a estrés.

Finalmente, de manera general es posible concluir que la natación en piscina como ejercicio no específico en el entrenamiento del caballo criollo colombiano, brinda alternativas para el desarrollo del equino. Sin embargo, este debe ser aplicado de forma gradual, ya que el impacto causado puede llegar a implicar niveles de estrés importantes, si los ejemplares no cuentan con la preparación adecuada y el manejo oportuno de personal idóneo, durante el proceso de aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Villa del Rosario. (2019). *Unidos por Villa del Rosario*. Sitio oficial del municipio de Villa del Rosario; creado por Gobierno Digital. <https://bit.ly/2m1isNi>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica*, 5ta edición. Episteme.
- Balestrini, M. (2006). *Cómo se elabora el Proyecto de Investigación*. Editorial BL Consultores Asociados. Caracas. Venezuela.
- Beauchamp, L y Childress, F. (1999) *Principios de Ética Biomédica*. España: Masson. S.A., 522 p.
- Benjamin, M. (1991). *Manual de Patología Clínica en Veterinaria*. Ed. Limusa. México. P 120
- Beorlegui, C. (2005) *Ética animal e idea de persona*. [En línea] Madrid: Universidad Pontificia Comillas.p 14. <http://goo.gl/uTTzGZ>.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Pearson.
- Capó-Martí, M. (2005). *Aplicación de la bioética al bienestar y los derechos de los animales*. España: Complutense SA, 112 p.
- Cardozo-Martínez, CA. (2007). *El animal como sujeto experimental, aspectos técnicos y éticos*. Chile: CIEB, Universidad de Chile. <https://cutt.ly/lgD9Tvx>
- Castillo, C.; Cano, C.; Suárez, A. (2010). *Valores hematológicos en caballos criollos colombianos del Valle de Aburrá*. Corporación Universitaria Lasallista. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2016.] <http://goo.gl/3XNhrk>
- Carmona, J., et al. (1999) *Macrobioética En: Colección Bios y Ethos*. Bogotá: Kimpres. Universidad el Bosque, 1999. 13 p.
- Cely, G. (2002). *El horizonte bioético de las ciencias: Reflexiones para elaborar una ecoética*. Bogotá: Fundación Cultural Javeriana. Pp. 89-91
- Corvalán, RC. (2000) *Entrenamiento del caballo de carreras*. Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. Madrid. <https://eprints.ucm.es/11592/1/T32259.pdf>
- Davie A, CJ. Savage, LF. (2008). *Efecto de la natación en las dimensiones cardiacas en caballos PSI*. Rural Industries Research and Development Corporation Publication.
- Engelhardt, H. (1995). *Los fundamentos de la Bioética*. Barcelona: Paidós. 545 p.
- Estrada-Cely, G. E., & Parra-Herrera, J. P. (2016). *Las implicaciones éticas y bioéticas en la investigación científica*. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 11 (2), 115 - 118.

<https://cutt.ly/GhpwIUA>

- García, A., Castejón, M., De la Cruz, P., González, G., López, M., Ruiz, S., (1995). *Fisiología Veterinaria*. España. Interamericana. Mc Graw - Hill. 1074p.
- Guerrero P, Portocarrero L, Mutis C, Ramirez J. (2009). Determinación de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria Print versión Rev. Med. Vet.* no.17. Bogotá Jan./June <http://goo.gl/t9isAZ>
- Gutiérrez, JF. y Gonzales, C. (1998). *Fisiología aplicada a la veterinaria y zootecnia*. Centro de ediciones Universidad de Caldas. Manizales: Universidad de Caldas. P 180.
- Hobo, S., Yoshida, K. and Yoshihara, T. (1998). *Characteristics of Respiratory Function during Swimming Exercise in Thoroughbreds*. Equine Research Institute. Japan Racing Association. 321-4 Tokami-cho, Utsunomiya-shi, Tochigi 320-0856.
- Hottois, G. (2007). *¿Qué es la Bioética?* Bogotá: Universidad el Bosque. 21 p.
- Hoyos, J. (2016). *Evaluación comparativa de un método de doma humanitaria y uno tradicional para el caballo de silla colombiano*. Trabajo de grado para optar al título de magister. Maestría en sistemas sostenibles de producción. Tutor. Gloria Elena Estrada Cely. Florencia. Caquetá. Colombia. Universidad de la Amazonia. Facultad de ciencias Agropecuarias.
- Hoyos, JF. (2020). El lomo del caballo (caballos pandos) segunda parte. <https://bit.ly/2I1sGbU>
- Hoyos, JF., Franco, E., y Vargas, SA. (2020a). *Natación en equinos*, primera parte. <https://bit.ly/2JtJxVD>
- Hoyos, JF., Franco, E., y Vargas, SA. (2020b). *Natación en equinos*, segunda parte. <https://bit.ly/3ogkgNf>
- Patiño, JF., Gutiérrez, EB., Villamizar, D., y Carrascal, BLV. (2019). Aplicación del protocolo Welfare Quality® en criaderos equinos para determinar el grado de bienestar animal. *Mundo FESC*, 9(18), 24-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7452804>
- Patiño-Quiroz, BE., Baldrich-Romero, NE., Caicedo-Robayo, JC., Ome-Peña, H., y Murillo-Rojas, JC. (2016). Prevalencia de anemia infecciosa equina en caballos de tracción en el municipio de Florencia (Caquetá). *Revista Ciencia y Agricultura*, 13(2), 39-45
- Ramírez B, G. (2005). *Manual de semiología clínica veterinaria*. Editorial Universidad de Caldas. Ciencias agropecuarias. Manizales: Universidad de Caldas.
- Taylor, S., y Bogdan, R. (2004). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.

CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL SUR DE COLOMBIA

*Characterization of tree species associated with the cultivation of coffee
(Coffea Arabica L.) in south of Colombia.*



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

Wilmer Libey Delgado Gualmatan¹
Jorge Fernando Navia Estrada²
Tulio Cesar Lagos Burbano^{3*}

RESUMEN

La presente investigación señala la relevancia del inventario florístico, como alternativa del conocimiento de especies importantes para asociarse al sistema café y para generar servicios sustentables, así como un mejor café especial. El trabajo se llevó a cabo en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida, los cuales se encuentran localizados en el ecotopo cafetero 221A, en el departamento de Nariño; la recolección de la información se realizó mediante una encuesta aleatoria con respuesta abierta. A partir del análisis de los datos se encontró que el 93%, 97% y 99% de las fincas cafeteras con árboles de sombrío se ubican en Sandoná, Consacá y La Florida respectivamente, presentaron una o más especies arbóreas asociadas. Para abundancia relativa se encontró que para Sandoná, Consacá y La Florida, las especies con mayor porcentaje fueron el guamo, con el 14,5%, 17% y 18% respectivamente; el naranjo con el 12,3%, 13% y 14 % respectivamente; el aguacate con el 11%, 10% y el 10% respectivamente y el limón, con el 11,8%, el 13% y el 16% respectivamente. La riqueza específica presentó una diversidad alta con un 0,91 para Sandoná, un 0,9 para Consacá y un 0,89 para La Florida, registrándose como especies dominantes los guamos, los naranjos y los limones. Para el índice de similaridad se presentaron valores de 0,65 entre Sandoná y Consacá; así mismo, entre Sandoná y La Florida el índice fue de 0,57; de igual forma, el índice para Consacá y La Florida fue de 0,71. Por su parte, las fincas presentaron sistemas de producción de café asociados destacándose el guamo y los cítricos como las principales especies.

Palabras clave

Diversidad; similaridad; sombrío; abundancia relativa.

ABSTRACT

the investigation indicates the importance of the vegetation surveys as an opening up alternative for the knowledge of the main species in order to associate with the coffee system and generate sustainable services and a better coffee. The work was carried out in the municipalities of Sandoná, Consacá and The Florida, located in the coffee ecotopo 221A, in the department of Nariño. The information was collected through a random survey with an open answer. Due to the data analysis it was found that 93, 97 and 99% of the coffee farms with species of trees for the provision of shade for Sandoná, Consacá and The Florida respectively, presented one or more associated tree species. Regarding the relative index of abundance for Sandoná, Consacá and The Florida, it was found that the species with the highest percentage were guamo, with 14.5, 17 and 18% respectively; the orange tree, with 12.3, 13 and 14% respectively;

¹Ing. Agrónomo, Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos, Universidad de Nariño, Pasto – Nariño.

E-mail: libeydelgado@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7349-0889>

²Ing. Agrónomo, Ph.D Suelos. Profesor Asociado. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño.

E-mail: jornavia@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2441-2400>

³Ing. Agrónomo, Ph.D. Profesor Titular. Universidad de Nariño. Pasto - Nariño, Colombia.

E-mail: tclago3@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9222-4674>

Cómo citar

Delgado Gualmatan, W. L., Navia Estrada, J. F., & Lagos Burbano, T. C. (2020). Caracterización de especies arbóreas asociadas al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en el sur de Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias - FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12 (2), 210-219.
<https://doi.org/10.47874/fagropec.v12n2a4>

*Autor para correspondencia:
tclago3@gmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

avocado, with 11, 10 and 10% respectively; and lemon, with 11.8, 13 and 16% respectively. The species richness, dominated by guamos, orange trees and lemons was presented by a high diversity of 0.91 for Sandoná, 0.9 for Consacá and 0.89 for The Florida. For the similarity index, values of 0.65 were presented between Sandoná and Consacá; likewise, between Sandoná and the Florida, the index was 0.57. Similarly, the index of 0.71 was presented for Consacá and The Florida. The farms presented the associated systems of a coffee production, highlighting guamo and citrus as the main species.

Key words

Diversity; similarity; shade; relative abundance.

INTRODUCCIÓN

La superficie colombiana se extiende en 114.174.800 hectáreas, las cuales representan aproximadamente el 0,7% del área terrestre. Se estima que el 10% de la biodiversidad a nivel global se encuentra distribuida en el país, categorizándose a este como un país "megadiverso". Farfán (2014) considera a la diversidad o la biodiversidad como la variación de las formas de vida, que se manifiesta en una alta diversidad genética, obteniendo como resultado diversas especies, ecosistemas y paisajes. También se puede definir como "la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes" (Spellerberg, 1991), donde los sistemas agroforestales se caracterizan por tener un manejo integrado de recursos productivos, sobre determinada área de terreno (Farfán, 2014). Ahora bien, se utilizan en el estudio de patrones de comportamiento, dado que estructura es idéntica a la de un bosque, además de conservar gran variabilidad de individuos (Shibu, 2012).

Por su parte todo el proceso y los cambios que ha tenido la caficultura colombiana, trajo consigo modificaciones en los sistemas de producción de café, que pasaron de ser necesarios en todos los sitios, sin importar las condiciones ambientales, a ser solamente necesarios en zonas con factores restrictivos para la producción a libre exposición, teniendo en cuenta que el sombrío no implique la pérdida de producción (FNC, 2004). Por lo tanto, se han creado estrategias que permiten obtener estas características como lo son las densidades óptimas de siembra y la adopción de sombríos que no compitan con los requerimientos del cultivo (Ong et al., 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior, los sistemas de café bajo sombra representan una forma de conservación biológica, ya que mantienen, en gran medida, las funciones del sistema primario al cual reemplaza (Schroth et al., 2004); es decir, cumplen con las condiciones del bosque que inicialmente fue sustituido por el cultivo (Toledo y Moguel, 2012). Además, los sistemas de café se caracterizan por presentar diversas formas de manejo, haciéndolo más amigable con los ecosistemas, en cuanto a la oferta de bienes y servicios ambientales (Guhl, 2009). El sombrío que se produce puede mejorar los microclimas para el cultivo, actuando como barrera rompe viento (Gil y Leguizamón, 2000) y protegiendo al cultivo de la calidad y la cantidad de radiación solar; mejorando así el desarrollo y el funcionamiento de las plantas (Lee et al., 2007); además brinda utilidad económica con la utilización de especies con un propósito determinado, las cuales puede ser leña, frutas, madera, entre otros (Farfán, 2014).

La asociación entre cultivos y especies leñosas perennes posiblemente afecte los rendimientos; por eso el manejo de sombrío en cafetales debe ser el adecuado, con el número de árboles por hectárea, que permita mantener el rendimiento y la utilidad económica (Tsharntke et al., 2011). Esto conlleva a la importancia de la caracterización de los sistemas agroforestales en café, porque se tratan aspectos de la estructura y composición florística, en las cuales los estudios deben incluir variables cuantitativas como la abundancia, la densidad, el grado de cobertura, la dominancia, la frecuencia, la forma de agrupación y la distribución y variables cualitativas como la estratificación, la vitalidad, y la periodicidad (Rangel y Velázquez, 1997).

El conocimiento sobre la estructura de la vegetación y de la composición florística, permite comprender las alteraciones y predecir los efectos sobre los servicios ecosistémicos, para así tener herramientas que permitan determinar las características estructurales que afectan la biodiversidad y el funcionamiento del sistema (Mokany et al., 2008) y las condiciones más adecuadas para la producción de los cultivos.

Lo anterior permite seleccionar metodologías para el establecimiento de sistemas agroforestales como las densidades de siembra y el tipo árboles, que brindan condiciones óptimas sin competir con los requerimientos del cultivo como el agua y la luz (Ong et al., 2002).

Por otro lado, la tipificación ofrece las herramientas necesarias para la organización conceptual de la diversidad existente en la agricultura campesina, a la vez que permite determinar su distribución y cuantificar las características e interacciones que se derivan de su funcionamiento (Tuesta et al., 2014). Bajo las anteriores consideraciones, la investigación tuvo como objetivo identificar y caracterizar las especies arbóreas asociadas a los sistemas de producción de café del sur de Nariño.

METODOLOGÍA

Localización. Este trabajo se llevó a cabo en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida, los cuales se encuentran localizados en el ecotopo 221A del departamento de Nariño; cuenca del río Guáitara; latitud Norte: 1°05' - 1°36'; con una zona cafetera que va desde 1.400 - 2.100 msnm; con una precipitación anual de 1.400 - 1.700 mm, que disminuye en los meses de junio a septiembre, con déficit hídrico en el suelo (Gómez et al., 1991).

Población. Para identificar las especies leñosas utilizadas como sombrío y analizar su importancia cultural en los sistemas de producción de café del ecotopo 221A localizados en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida, fue necesario definir las fincas. Para lo anterior se utilizó la información del Comité de Cafeteros de Nariño el cual reportó, para el municipio de Sandoná 1.722 fincas cafeteras; para el municipio de Consacá, 1.697 fincas cafeteras; y para el municipio de La Florida, 1.527 fincas cafeteras.

Muestreo. La población objeto de estudio está conformada por las fincas cafeteras ubicadas entre los 1.400 - 2.200 msnm. Sobre estas, se utilizó un muestreo simple al azar, tomando como población la reportada por el Comité de Cafeteros de Nariño; se tomó cada finca cafetera como una unidad muestral, la cual se constituyó como la unidad de análisis de estudio, asumiendo un error del 10% y una probabilidad del 95%. Para determinar el tamaño de muestra y por tratarse de una población finita, se utilizó la siguiente fórmula de Murray y Larry (2005),

$$n = \frac{Z^2 \cdot x \cdot p \cdot x \cdot q}{d^2}$$

en donde:

Z = nivel de confianza

P = probabilidad de éxito o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Recolección de datos en campo. Para la recolección de la información primaria se elaboró un formato de encuesta semiestructurada, la cual incluyó preguntas abiertas para obtener los datos requeridos para el cálculo de los valores de las variables seleccionadas; en las preguntas se consideró el tipo de sombra y las especies asociadas, haciendo énfasis en el nombre regional, así como en los usos y en la importancia de estas en la finca. La encuesta se aplicó a 100 productores, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente. Y para la identificación de las especies leñosas de uso en las fincas cafeteras, se registró el nombre vulgar o local y para

la clasificación botánica se utilizó la base de datos del herbario de la Universidad de Nariño (PSO).

Variables evaluadas. Porcentaje (%) de fincas cafeteras con árboles de sombrío: número total de fincas encuestadas con sombrío /sobre el número total de fincas encuestadas

Abundancia relativa. AR %= (número de individuos por especies/número total de individuos) por 100

Diversidad. se midió usando el índice de Simpson en donde $Simpson = 1 - \sum (n_i - 1) / (N - 1)$ Donde: n_i = proporción del número de individuos de la especie i menos 1 con respecto a N , y N = número total de individuos menos 1.

Similitud florística. Se evaluó mediante el índice de Jaccard (J), adaptado por Ellenberg (1956), que es exclusivamente cualitativo y no considera el grado de participación de cada especie en la dominancia ecológica, donde el valor más cercano a 1 indica mayor semejanza (Magurran, 1988). Este índice se define mediante la ecuación:

$$J = \frac{C}{S1 + S2 - C}$$

Dónde: $S1$ = N° de especies presentes en la zona 1; $S2$ = N° de especies presentes en la zona 2; y C = N° de especies que están presentes en las dos muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fincas cafeteras con árboles de sombrío. Como resultado del levantamiento de información en campo se produjo una base de datos de las especies arbóreas, en la cual se registraron 32 familias arbóreas en las fincas cafeteras del municipio de Sandoná; 34 familias arbóreas en el municipio de Consacá y 31 familias arbóreas en el municipio de La Florida. Para el municipio de Sandoná el 93% presentan sistemas asociados con árboles de sombrío, con una o más especies arbóreas y únicamente el 7% de los sistemas productivos de café se encuentran a libre exposición. Para el municipio de Consacá el 97% de los cultivos de café se encuentran asociados con especies arbóreas y solo el 3% de los cultivos de café se encuentra a libre exposición solar. Finalmente, para el municipio de La Florida el 99% se encuentra asociado a especies arbóreas (Tabla 1).

Los sistemas agroforestales se caracterizan por poseer considerables bienes y servicios, los cuales ayudan a mantener la biodiversidad, además de su aporte ambiental como productores de oxígeno y captura de carbono, sumado al impacto que tienen en la disminución de los niveles de calentamiento global (Muschler et al., 2007). Dado que la adopción de sistemas de sombrío en los cafetales depende del clima y del suelo de cada región (Beer et al., 1998), para zonas con condiciones edafoclimáticas como disponibilidad de agua, buena humedad y alta nubosidad, es recomendable cultivar el café a libre exposición solar; por el contrario, si la región presenta condiciones adversas a los requerimientos del cultivo, como una inadecuada distribución de lluvias o si tiene suelos con baja retención de humedad, limitaciones físicas o alta radiación solar, se recomienda el uso del sombrío (Farfán et al., 2009).

Con estos resultados, es evidente que la composición de los sombríos depende en gran parte de un proceso de selección de especies; esto se demuestra en los estudios de tipificación de sistemas de producción de café en el departamento de Nariño, de Farfán (2007) y Jurado *et al.* (2018), quienes encontraron valores de: la asociación de café con sombra de leñosas representa el 24,0% de los sistemas de producción; el 34,6% corresponde al sistema de cultivo café semisombra; el 18,3% al sistema de café asociado con musáceas, especialmente plátano; finalmente el cultivo de café sin sombra representa el 23,1% de la población estudiada, donde se permite inferir las características que tienen los árboles del sombrío y los beneficios de las especies establecidas.

Tabla 1.
Familias presentes asociadas a cultivos de café en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida.

Familia	Municipio			Familia	Municipio		
	Sandoná	Consacá	La Florida		Sandoná	Consacá	La Florida
Bixácea	X	X	X	Morácea	X	–	X
Laurácea	X	X	X	Fabácea	–	X	–
Betulácea	–	X	X	Rutácea	X	X	X
Mirtácea	–	X	X	Rutácea	X	X	X
Malvácea	X	X	X	Anacardiácea	X	X	X
Malvácea	X	X	X	Bignoniácea	X	–	X
Fabácea	X	X	–	Boraginaceae	X	–	–
Fabácea	X	X	–	Acantácea	X	X	X
Rubiacea	X	–	–	Rutácea	X	X	X
Fabácea	X	X	X	Rosácea	X	X	X
Meliácea	–	X	X	Cordíacea	X	X	X
Anonácea	X	X	X	Anacardiácea	X	–	–
Fabáceas	–	X	X	Urticácea	X	X	–
Cupresácea	–	–	X	Fabaceae	X	X	X
Primulácea	X	X	X	Pinácea	–	X	X
Rosáceas	–	X	X	Bignoniaceae	X	X	X
Myrtaceae	X	X	X	Fagácea	–	–	X
Malvácea	X	–	–	Oleácea	X	X	X
Fabácea	X	X	X	Fabácea	–	X	–
Myrtácea	X	X	X	Urticácea	X	X	–
Lythraceae	X	X	X	Malvácea	X	X	–

Nota. X: presente –: ausente.

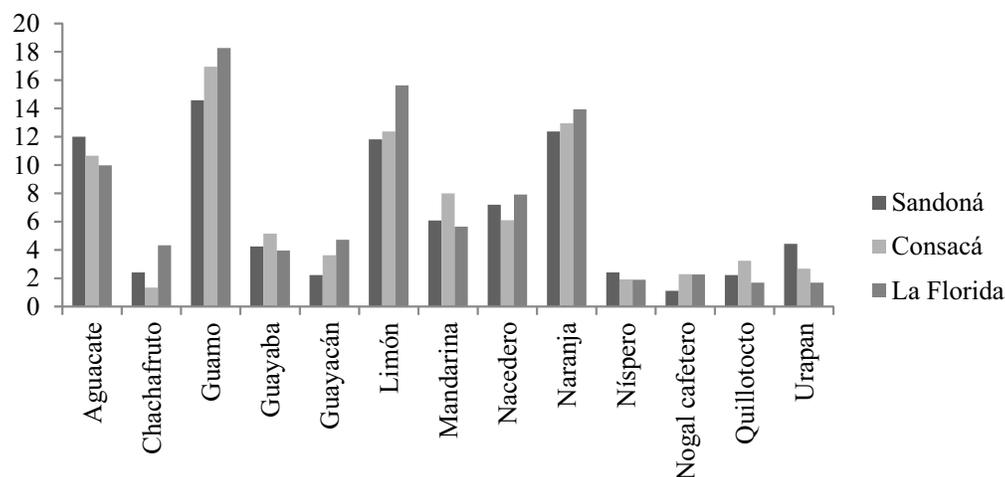
Abundancia relativa (AR%). De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que para Sandoná, las especies con mayor porcentaje AR son el guamo con 14,55%, el naranjo con 12,34%, el aguacate con 11,99% y limón con 11,81%; las demás especies presentaron valores entre el 0,78% y el 7,20%; para Consacá el guamo con 17%, la naranja con el 13%, el limón con el 13% y el aguacate con 10%; en La Florida se presentaron valores para el guamo del 18%, para el limón del 16%, para la naranja del 14 % y para el aguacate del 10% (Figura 1).

Sánchez *et al.*, (2007) encontraron resultados similares de abundancia relativa caracterizando fincas cafeteras dentro de los sombríos, con índices de dominancia de más del 70% de los individuos de *Inga codonantha* en los cafetales convencionales de El Cairo, hasta menos del 30% de individuos de *Inga edulis* en Santander; los criterios de selección de especies, establecimiento y manejo de los sombríos en las zonas cafeteras de Colombia, han sido considerados como una “práctica cultural absolutamente regional”.

Diversidad. La riqueza específica identificada mediante el cálculo del Índice de Simpson (S) permite medir la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población de N individuos, provengan de la misma especie; además mide el rol de las especies más comunes y se reflejan en la riqueza de las especies

Figura 1.

Porcentaje de abundancia relativa de principales especies arbóreas, presentes en los sistemas agroforestales en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida.



(EsIA y PMA, 2016). La diversidad se consideró alta, con un valor de 0,92 para Sandoná; 0,9 para Consacá y 0,89 para La Florida, encontrando los valores más representativos en las siguientes especies: el guamo 0,021, 0,028 y 0,033 para Sandoná, Consacá y La Florida en su orden; para el limón se encontraron valores de 0,013 para Sandoná, 0,015 para Consacá y 0,024 para la Florida; para el aguacate 0,014, 0,011 y 0,009 para Sandoná, Consacá y La Florida (Tabla 2).

De acuerdo con el tipo de sombrío se presenta variabilidad de especies de árboles maderables, árboles y arbustos frutales, musáceas (Ospina, 2009). Granados *et al.*, (2008), evaluando la importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón Costa Rica, encontró que las especies más abundantes de árboles fueron el poró (*Erythrina* spp) y la guaba (*Inga* sp); otras especies abundantes fueron las musáceas, los cítricos y los aguacates, siendo estos una fuente alternativa de ingresos para las familias que dependen del cultivo del café. Salazar *et al.*, (2019), encontraron resultados similares en su investigación, desarrollada con el objetivo de conocer la diversidad de especies y de variedades manejadas a nivel de diez fincas en municipios del Valle del Cauca, Colombia, concluyendo que la zona cafetera estudiada presenta una gran riqueza específica y una gran abundancia relativa.

Similaridad florística. Los sistemas ambientales del sur del departamento de Nariño, presentaron un índice de similaridad de Jaccard de 0,65 entre Sandoná y Consacá; esta similaridad corresponde a 32 especies arbóreas en Sandoná y 34 especies arbóreas para Consacá; 26 de estas especies compartidas. Asimismo, entre Sandoná y La Florida, el índice fue de 0,57, con 32 especies para Sandoná, 31 especies para La Florida y 25 especies arbóreas compartidas. De igual forma, el índice para Consacá y La Florida fue de 0,71, con 34 especies arbóreas presentes en Consacá, 31 en La Florida y 28 especies compartidas (Tabla 3).

En razón de que la similaridad florística caracteriza el número de especies por ambiente encontradas o no en un sistema, permitiendo conocer en forma detallada la semejanza entre zonas definidas y teniendo en cuenta que el valor más cercano a (1) indica mayor semejanza (Magurran, 1988), se puede indicar que existió alta similaridad florística entre los municipios estudiados y que en todos los casos se registraron valores e cercanos a (1), siendo las áreas más relacionadas Consacá y La Florida, con valores de 0,71 para el Índice de Jaccard. La similaridad florística observada entre los diferentes municipios de estudio, puede ser explicada por las diferentes condiciones edafoclimáticas presentes (Soler, 2010). Algunos condicionantes de los lugares

Tabla 2.
Índice de Simpson encontrado en especies arbóreas presentes en los sistemas agroforestales en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida.

Nombre común	Nombre científico	IS		
		Sandoná	Consacá	La Florida
Achiote	<i>Bixa orellana</i> L	0,000085	0,000015	0,000004
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill	0,014382	0,011378	0,009962
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	0	0,000004	0,000004
Arrayan	<i>Myrcianthes discolor</i> Kunth	0	0,000004	0,000355
Balso blanco	<i>Heliocarpus americanus</i> L	0,000031	0,000033	0,000014
Balso rojo	<i>Ochroma pyramidale</i> Cav	0,000003	0,000178	0,000014
Cachimbo	<i>Erythrina poeppigiana</i> Walp	0,000276	0,000004	0
Carbonero	<i>Albizia carbonaria</i> Britton	0,000984	0,000015	0
Cascarillo	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	0,000123	0	0
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i> Micheli	0,000575	0,000178	0,001876
Cedro	<i>Cedrela montana</i> Turcz	0	0,000004	0,000004
Chirimoyo	<i>Annona cherimola</i> Mill	0,000123	0,000058	0,000174
Churimbo	<i>Inga sp</i> Mart	0	0,000058	0,000004
Cipre	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw	0	0	0,000004
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i> Kuntze	0,000003	0,000091	0,000004
Durazno	<i>Prunus persica</i> (L) Batsch	0	0,000004	0,000004
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	0,000085	0,000232	0,000032
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	0,000031	0	0
Guamo	<i>Inga edulis</i> Mart	0,021245	0,028738	0,03337
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L	0,001801	0,002645	0,001564
Guayacán	<i>Lafoensia acuminata</i> RyP	0,00049	0,00131	0,002217
Higuerón	<i>Ficus americana</i> Aubl	0,000014	0	0,000004
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> Lam	0	0,000015	0
Limón	<i>Citrus x limon</i> L	0,013943	0,015329	0,024432
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> L	0,003707	0,0064	0,003192
Mango	<i>Mangifera indica</i> L	0,000014	0,000294	0,000089
Mate	<i>Crescentia cujete</i> L	0,000123	0	0,000032
Mote	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	0,000003	0	0
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i> H & B	0,005178	0,003715	0,006256
Naranja	<i>Citrus x aurantium</i> L	0,015281	0,016776	0,019421
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl	0,000575	0,000363	0,000355
Nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i> Oken	0,000123	0,000522	0,000511
Hobo	<i>Spondias purpurea</i> L	0,000003	0	0
Ortigo	<i>Urera baccifera</i> Gaudich	0,000031	0,000015	0

Continuación Tabla 2.

Índice de Simpson encontrado en especies arbóreas presentes en los sistemas agroforestales en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida.

Nombre común	Nombre científico	IS		
		Sandoná	Consacá	La Florida
Pichuelo	<i>Senna pistaciifolia</i> Kunth	0,000085	0,000294	0,000004
Pino	<i>Pinus patula</i> Schiede	0	0,000004	0,000004
Quillotocto	<i>Tecoma stans</i> Juss	0,00049	0,001049	0,000287
Roble	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl	0	0	0,000004
Urapan	<i>Fraxinus uhdei</i> Lingelsh	0,001961	0,000711	0,000287
Vainillo	<i>Senna spectabilis</i> I & B	0	0,000004	0
Yarumo	<i>Cecropia gabrielis</i> Bach.	0,000766	0,000004	0
Zapote	<i>Matisia cordata</i> Vischer	0,000003	0,000015	0
Dominancia		0,082536	0,090453	0,104479
Índice de Diversidad		0,917464	0,909547	0,895521

Tabla 3.

Índice de Jaccard encontrado en especies arbóreas presentes en los sistemas agroforestales en los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida.

	Consacá	La Florida
Sandoná	0,65	0,57
Consacá		0,71

conectados por factores ambientales, como las corrientes de viento, presentaron floras parecidas, independientemente de la distancia que los separa, en correspondencia con lo señalado por Muñoz et al., (2004), quienes identificaron que los lugares más próximos por efecto del viento los conecta.

CONCLUSIONES

Las fincas cafeteras de los municipios de Sandoná, Consacá y La Florida presentan en su mayoría sistemas de producción de café, asociados con una o más especies arbóreas, con alta similitud entre los municipios, lo que puede relacionarse directamente con las condiciones ambientales del ecotopo, lo que representan una alta biodiversidad y sustentabilidad de la zona.

El guamo y los cítricos se destacan como las especies de mayor uso en los sistemas de siembra de café, lo que permite la cosecha de los frutos para autoconsumo, además de caracterizarse por su aporte de hojarasca, con lo que se mitiga la pérdida del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beer, W., Muschler, G., Kass, D y Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- EsIA y PMA. (2016). *Línea Base Biótica Del Puerto de Aguas Profundas de Posorja*. Línea Base Biótica Cardno 200 p

- Ellenberg, H. (1956). *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. Eugen Ulmer, Stuttgart. Alemania.
- Farfán, F. (2007). Producción de café en sistemas agroforestales. In: Arcila P., J.; Farfán V., F.; Moreno B., A.; Salazar G., L.F.; Hincapie G., E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchina, Cenicafé, p. 161200.
- Farfán, F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Manizales, Caldas Colombia, 2014. 342 p.
- Farfán, F y Jaramillo, A (2009). *Sombrio Para El Cultivo Del Café Según La Nubosidad De La Región*. Avance técnico 379.
- Federación Nacional De Cafeteros De Colombia – FNC y Centro Nacional De Investigaciones De Café – Cenicafé. (2004). *Sombrio de cafetales*. Cartilla cafetera. Tomo 1. Chinchiná, FNC - Cenicafé, pp. 247-274
- Granados, I., Arias, C y Rodríguez, J. (2008). Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón. *Revista Pensamiento Actual*, Universidad de Costa Rica Vol. 8, No. 10-11, 2008 ISSN 1409-0112 74-81
- Gil, L. y Leguizamón, J. (2000). *La muerte descendente del cafeto (Phoma spp.) v Programa de investigación científica*. Centro Nacional de Investigaciones de Café “Pedro Uribe Mejía”. Cenicafé, Chinchiná, Caldas - Colombia. Avance técnico 278.
- Gómez, L., Caballero, A y Baldión, J. (1991). *Ecotopos Cafeteros*. CENICAFÉ Agroclimatología División De Desarrollo Social. 138 p.
- Guhl, A. (2009). Café, Bosques y Certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*. Universidad de los Andes, No. 32
- Goswami, R., Chatterjee, S y Prasad, B. (2014). Farm types and their economic characterization in complex agro-ecosystems for informed extension intervention: study from coastal West Bengal, India. *Agric Econ* 2, 5 <https://doi.org/10.1186/s40100-014-0005-2>
- Jurado, H., Estrada, J y Ballesteros, W. (2019). Tipificación de sistemas de producción de café en La Unión Nariño, Colombia. *Temas Agrarios*. 24. 17-26. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1779>.
- Lee., S., Tewari R., K., Hahn., E., Paek., K. (2007). *Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of Withania Somnifera (L.) Dunal*. Plantlets. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 90:141–151.
- Magurran, A. E., (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Mokany, K., Ash, J., & Roxburgh, S. (2008). Effects of spatial aggregation on competition, complementarity and resource use. *Journal Austral Ecology*, 33, 261–270.
- Muschler, R. G. (1999). *Árboles en Cafetales*. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Módulo No. 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 139p.

- Muschler, R., Montes, I y Rivas, G. (2007). *Producción orgánica y agroforestal de cultivos perennes (café)*. isbn = 978-9977-57-439-4
- Muñoz, J., A. M. Felicísimo, F. Cabezas, A. R. Burgaz and I. Martínez. (2004). Wind as a long-distance dispersal vehicle in the southern hemisphere. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1114411>.
- Ospina, A. (2009). Aproximación A La Conservación De Las Especies Vegetales Nativas En Cafetales Ecológicos Con Sombríos, Cali Colombia. 82p.
- Ong, C.K., Wilson, J., Deans, J.D., Mulayta, J., Raussen, T. & Wajja- Musukwe, N. 2002. Tree-crop interactions: manipulation of water use and root function. *Journal Agric Water Manag* 53(1), 171–186
- Rangel, Ch y Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En: Rangel–Ch JO, Lowy–C P, Aguilar–P M (eds.). Colombia diversidad biótica II. *Tipos de vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales (p.p 59–87). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Salazar, V., Vallejo, y Villarreal, F. (2019). Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia. *Entramado*, 15(2), 264-274. <https://doi.org/10.18041/1900-3803>.
- Sánchez, C., Botero, J., Gonzalo, J y Sánchez. (2007) estructura, diversidad y potencial para conservación de los sombríos en los cafetales de tres localidades de Colombia. *Cenicafe*. 58p
- Schroth, G., Harvey, A y Vincent, G. (2004). Complex Agroforests: Their Structure, Diversity, and Potential Role in Landscape Conservation. In: G. Schroth, G.A.B. Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H.L. Vasconcelos y A.M.N. Izac, eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press, Washington, DC. pp:227-260.
- Shibu, J. (2012). Agroforestry for Conserving and Enhancing biodiversity. *Agroforest Syst*. 85:1–8 p 8
- Soler, P. (2010). Evaluación del Potencial Forrajero de la Vegetación Nativa e Intervenida en un área de los Llanos Altos Centrales del estado Guárico, Venezuela. Tesis doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 185 p
- Spellerberg, I. F. (1991). *Monitoring ecological change*. Cambridge University Press, UK, 334 pp.
- Toledo, V y Moguel, P. (2012). Coffee and sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(3):353-377.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., & Scherber, C. (2011). Multifunctional shade tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 619-629.
- Tuesta, O., Julca, A., Borjas, R., Rodríguez, P. y Santistevan, M. (2014). Tipología de fincas cacaoteras en la subcuenca media del río Huayabamba, distrito de Huicungo (San Martín, Perú). *Ecología aplicada*, 13(2), 71–78.

ARTÍCULOS

**ESTUDIOS DE
CASO**

Volumen **12** Número **2**
Julio-Diciembre 2020

REVISTA

FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

ABORDAJE MÉDICO-QUIRÚRGICO Y FISIOTERAPÉUTICO EN PACIENTE PEKINÉS CON TRAUMA MEDULAR AGUDO: REPORTE DE CASO

*Medical-surgical and physiotherapeutic approach in a pekinese patient
with acute spinal trauma: a case report*

Estudios de caso



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

¹Médico Veterinario Zootecnista Universidad de la Amazonia, Esp. Patología clínica/Laboratorio clínico, Diplomado Neurología, Docente Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal E-mail: matizvet@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1429-1913>

²Fisioterapeuta. Esp. Ortopedia y Traumatología, Docente Postgrado Universidad Autónoma de Manizales. jimenabeve@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8925-1313>

³Estudiante Medicina Veterinaria UNISARC. Manizales - Caldas. E-mail: valenarango1@hotmail.com

Cómo citar

Matiz-Herrera, M. A., Becerra Velasquez, J., & Arango Sandoval, E. V. (2020). Abordaje médico-quirúrgico y fisioterapéutico en paciente pekinés con trauma medular agudo: reporte de caso. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia-Caquetá. Volumen 12 (2), Pp. 221-231. ISSN-Revista en línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:
matizvet@hotmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

Miguel Angel Matiz-Herrera¹
Jimena Becerra Velasquez²
Erika Valentina Arango Sandoval³

RESUMEN

Las lesiones en la médula espinal, de tipo traumático y que afectan con mayor predisposición a determinadas razas, son frecuentes en la clínica de pequeños animales. Este fue el caso de un paciente macho adulto raza pekinés que sufrió un trauma por caída, el cual conllevó signos de disfunción motor-sensorial. Dicho trauma fue manejado de forma interdisciplinaria pese a las limitaciones imprevistas, principalmente económicas. Parte de la terapéutica fue de tipo enfermería hasta la resolución quirúrgica y fisioterapéutica, en la cual se ahondó el plan seguido de acuerdo con objetivos y tolerancia del paciente. Finalmente, el paciente se recuperó con éxito y volvió a sus actividades de la vida diaria con mínimas secuelas.

Palabras clave

Neurodiagnóstico; hernia discal; discopatía.

ABSTRACT

Spinal cord injuries of a traumatic type which affect certain breeds with a greater predisposition are frequent in the clinic of small animals. This corresponds to the adult male patient of the Pekinese breed, who suffered a trauma from a fall that led to motor-sensory dysfunction. This case was managed in an interdisciplinary way despite mainly unexpected economic limitations; part of the therapy had a type of nursing practice until surgical and physiotherapeutic treatment, where the plan elaborated is deepened prioritising the objectives and the patient's tolerance. Finally, the patient recovers successfully and returns to its daily activities with minimal consequences.

Key words

Neurodiagnosis; herniated disc; discopathy.

INTRODUCCIÓN

La columna vertebral del perro está conformada por 23 vértebras, las cuales se clasifican en cervicales, torácicas, lumbares y sacras. Además, la columna está articulada por los discos intervertebrales, los cuales tienen como principal función amortiguar el contacto entre las vértebras. Estas estructuras se encuentran a lo largo de la columna, excepto en la articulación atlanto-axial y en las vértebras sacras (Bermúdez, 2019; Molina, 2017).

Por otra parte, el disco intervertebral está formado por tres estructuras, que son: un núcleo pulposo en su parte central, compuesto principalmente por proteoglicanos y agua; un anillo fibroso, conformado por fibras de colágeno que rodean el núcleo pulposo, que presenta mayor grosor en la porción ventral que en la dorsal; y por último, unas placas terminales encargadas de unir los cuerpos vertebrales, conformadas por cartílago hialino (Molina, 2017; Sánchez et al., 2012).

A su vez, los discos intervertebrales se encuentran asociados a cuatro ligamentos: los ligamentos longitudinales dorsal y ventral, el ligamento de la cabeza de la costilla y el ligamento intercapital que se encuentra ubicado desde la T2 hasta la T10; es posible que la presencia de este ligamento permita reducir el porcentaje de hernias discales entre estas vértebras (Sánchez et al., 2012).

Las lesiones de la médula espinal son frecuentes debido a injurias traumáticas en la columna vertebral o discopatías intervertebrales; esta última alteración desencadena signos neurológicos variados y es la principal causa de lesión en la médula espinal de los caninos. Las discopatías se generan principalmente en las regiones cervico-torácica o toraco-lumbar, ya que son los segmentos de mayor estrés vertebral biomecánico (Shimose y Salina, 2018).

Considerando lo anterior, en los discos intervertebrales se puede observar degeneración, que se clasifica en Hansen tipo I o degeneración condroide (extrusión), y Hansen tipo II o degeneración fibroide (protrusión). Ambas generan compresión medular directa (Lillo et al., 2019; Sánchez et al., 2012; Shimose, y Salina, 2018). A modo de repaso, la extrusión del disco intervertebral es originada por la ruptura del anillo fibroso, lo cual causa la salida del núcleo pulposo al canal medular. Esta lesión Hansen tipo I se presenta en perros jóvenes y las razas condrodistróficas son las más afectadas; entre ellas, la raza pekinés. Por otro lado, la protrusión es un proceso de envejecimiento presente en los perros seniles que consiste en el aumento del núcleo pulposo, lo cual ocasiona la presión del anillo fibroso sobre el canal medular (Lillo et al., 2019; Sánchez et al., 2012).

Como se ha mencionado, la extrusión discal es producto de la ruptura del anillo fibroso principalmente en la porción dorsal, debido a las características anatómicas que presenta la especie canina. Sin embargo, esta lesión no solo es degenerativa, porque puede ocurrir en situaciones traumáticas, en cuyo caso recibe el nombre de extrusión aguda no compresiva del núcleo pulposo; esta lesión está presente en discos intervertebrales sanos que se sometieron a una fuerza puntual excesiva (Sánchez et al., 2012).

Así mismo, la extrusión aguda no compresiva del núcleo pulposo es desencadenada por una lesión traumática causada principalmente por atropellamiento, caídas de altura considerable, mordeduras de otros perros, lesiones con arma de fuego y traumatismos malintencionados por parte del ser humano (Difazio y Fletcher, 2013). Este trauma provoca luxaciones, subluxaciones y/o fracturas vertebrales acompañadas de extrusiones discales. (Moreno, 2012; Neurovet, 2010; Sánchez et al., 2012).

En cuanto a las lesiones de los discos intervertebrales de la columna, Crawford et al. (2018) afirmaron que el 2% de los casos reportados por afecciones en la columna vertebral corresponden a esta patología; dentro de este porcentaje el 16%, de los casos representan relevancia clínica por injuria a nivel cervical. Por otra parte,

Fitch et al. (2000) realizaron un estudio en el cual se evidenció la prevalencia de la enfermedad disco-intervertebral en la raza pekinés, en ese momento, con un resultado del 8,8% de los casos analizados (índice significativo). Esto se debe a la raza condrodistrófica del canino.

Respecto al trauma medular, el daño del tejido nervioso se clasifica en lesión primaria y secundaria. La lesión primaria sucede inmediatamente después del trauma e incluye ruptura de los cuerpos neuronales, los procesos axonales y las células gliales. Además, genera deterioro del flujo sanguíneo medular, lo cual produce isquemia o hemorragia. Cuando el paciente presenta un trauma severo, también puede desarrollar mielomalacia progresiva ascendente y descendente, que tiene un mecanismo fisiopatológico desconocido, pero se atribuye a la isquemia y a la liberación de radicales libres y enzimas celulares (Difazio y Fletcher, 2013; Neurovet, 2010; Sánchez et al., 2012).

Por otra parte, la lesión secundaria inicia a los pocos minutos del trauma y ocasiona un proceso inflamatorio autodestructivo, inducido por la liberación de radicales libres y metabolitos del ácido araquidónico (Sánchez et al., 2012). Además, se presenta la pérdida de la regulación iónica que conlleva a la suspensión del impulso nervioso, debido al aumento de los niveles de Ca intracelulares que destruyen la mielina e inician una brusca despolarización de la membrana, porque condicionan el aumento de la liberación del glutamato y de otros neurotransmisores excitatorios. También se desarrolla acidosis metabólica y debido a la disminución del flujo sanguíneo la sustancia gris se ve gravemente afectada (Neurovet, 2010).

Al mismo tiempo se presentan las manifestaciones neuromotoras como consecuencia de la obstrucción o interrupción de la médula, lo cual genera desde dolor leve periférico hasta hiperalgesia. También se presenta disfunción sensorial y motora en la zona de la lesión y en la región caudal a esta, debido a la falta de transmisión adecuada entre nervios periféricos y centrales (Builes y Peláez, 2008). Sin embargo, la enfermedad discal intervertebral en la columna cervical presenta alteraciones generalmente menos severas debido a la amplitud del diámetro del canal medular, que permite extrusiones de mayor volumen sin comprometer severamente la médula espinal (Sánchez et al., 2012).

Luego de una lesión medular, también se describen tres fases subsecuentes: aguda, subaguda y crónica. En las primeras 24 horas se presenta la fase aguda, en la que se activa el proceso inflamatorio y se compromete la vascularización local, que genera hemorragias, isquemias, anoxia e hipoglucemia; también inicia la degeneración de la mielina, los axones y otras estructuras nerviosas. Luego de 48 horas, las células fagocitarias se hacen presentes para eliminar residuos celulares. En la fase subaguda sobreviene la reactivación de las células gliales como consecuencia de la necrosis y tiene lugar la muerte neuronal secundaria debido a la hemorragia. Por último, en la fase crónica, el proceso degenerativo de la médula continúa y la destrucción neuronal se extiende, lo cual causa cavidades y quistes en la médula espinal y limita por completo un proceso de cicatrización (Caballero y Nieto, 2005).

Las secuelas del trauma son ocasionadas por daños neuronales en el sistema nervioso central (SNC) que, a diferencia del sistema nervioso periférico (SNP), tiene una regeneración axonal limitada por procesos cicatrizales posteriores a la injuria primaria y a las sustancias implicadas (proteoglicanos y derivados) (Neurovet, 2010; Sánchez et al., 2012).

Para la resolución de esta patología, es útil recurrir al tratamiento conservador cuando el paciente presenta signos neurológicos leves, problemas sistémicos con alto riesgo de anestesia o cuando se trata de perros seniles. Este tratamiento consiste en restringir el movimiento del paciente durante un periodo de 3 a 6 semanas y administrar medicamentos antiinflamatorios y analgésicos para el manejo del dolor (Hodgson et al., 2017; Sánchez et al., 2015). Algunos autores sugieren el uso de corticosteroides a causa de acciones sobre la vasculatura y con el fin de prevenir la isquemia y reducir el daño tisular neuronal, pero aconsejan evitar el exceso de estos medicamentos debido a sus efectos adversos (Builes y Peláez, 2008; Postigo, 2006; Sánchez et

al., 2015); sin embargo, el uso de corticosteroides es muy controversial, por lo cual no se sugiere en la actualidad (Difazio y Fletcher, 2013). Es posible que el paciente no presente evolución, de manera que se debe considerar el tratamiento quirúrgico (Lillo, 2019; Sánchez et al., 2015).

El tratamiento quirúrgico se recomienda cuando se presenta una compresión medular con hiperestesia severa, en déficits neurológicos severos o degenerativos y en casos de inestabilidad de la columna vertebral (Sánchez et al., 2015). Cabe resaltar que para algunos autores como Difazio y Fletcher (2013), la intervención quirúrgica no está indicada en los casos de extrusión aguda no compresiva del núcleo pulposo, excepto en los pacientes que presenten un hematoma extra axial compresivo asociado.

Por lo tanto, el principal objetivo del tratamiento quirúrgico es la descompresión y fijación de la médula espinal. Existen múltiples técnicas para este tratamiento, por lo cual la técnica elegida depende de la ubicación de la lesión, la presencia o ausencia de fractura y la selección del cirujano (Difazio y Fletcher, 2013). En cuanto a las extrusiones o hernias discales cervicales, el procedimiento más ampliamente aceptado es el Slot ventral, por el rápido y “sencillo” acceso a la lesión medular (Böttcher, 2013; Sánchez et al., 2015).

De acuerdo con Rossmeisl et al. (2013), en algunos casos, esta técnica ha resultado en descompresión incompleta medular a causa del desplazamiento del disco intervertebral de su lugar original o a la presencia de hemorragias que limitan la visión del material discal extruido. Debido a esto se recurre a la técnica de hemilaminectomía. Es importante recordar que cualquier procedimiento quirúrgico tiene sus riesgos.

Hodgson et al. (2017) determinaron que luego del tratamiento quirúrgico es importante implementar la rehabilitación en el manejo postoperatorio de pacientes con lesión medular, como coadyuvante en la recuperación de la función neurológica y para reducir las posibles complicaciones postoperatorias. Además, encontraron que los perros que presentaron una hernia intervertebral y recibieron tratamiento de rehabilitación con las técnicas de crioterapia, terapia con láser de bajo nivel y rango del movimiento pasivo con masaje de las extremidades pélvicas, mostraron una mayor posibilidad de recuperación y una menor probabilidad de complicaciones.

También se debe incluir la terapia de apoyo a todos los pacientes que presenten un trauma medular agudo. Esta terapia incluye la provisión de una cama limpia, el cuidado ocular por medio de lubricación corneal frecuente, paseos con movimientos pasivos y el cuidado de la vejiga; ya que la disfunción de este órgano es común en estos pacientes y se debe realizar un cateterismo urinario (Difazio y Fletcher, 2013). Además, el 5% de los perros con enfermedad medular cervical necesitan de apoyo ventilatorio a causa de las alteraciones del nervio frénico del diafragma (Sánchez et al., 2012).

Finalmente, el pronóstico en pacientes tratados médica o quirúrgicamente por una enfermedad discal depende de los signos neurológicos, la gravedad, causa y localización anatómica de la extrusión discal y eficacia del tratamiento. En cuanto a los pacientes que padecen de una extrusión discal, en la mayoría de los casos presentan un diagnóstico favorable (Difazio y Fletcher, 2013; Lillo et al., 2019).

Las modalidades de agente físico (PAM) se han utilizado en rehabilitación y fisioterapia durante siglos para reducir la hinchazón, aliviar el dolor, mejorar la curación, aumentar la fuerza muscular, mejorar el tono muscular y afectar la elasticidad del tejido conectivo. A menudo son utilizadas como complemento del ejercicio terapéutico y su mecanismo de acción con profundidad de penetración varía según el método y la forma de energía usada (Garavito y León, 2015).

La crioterapia usada como parte del plan fisioterapéutico conlleva al enfriamiento y a la disminución metabólica tisular de regiones en proceso inflamatorio agudo, además de la inhibición de enzimas inflamatorias y una liberación reducida de histamina, lo cual genera analgesia y desinflamación asociada a la

vasoconstricción (Algaflly y George; 2007; Melzack y Wall, 1965).

La estimulación eléctrica se ha considerado dentro de las opciones terapéuticas para el manejo de procesos dolorosos e inflamatorios. Se han documentado múltiples beneficios, como el aumento de la fuerza muscular, la amplitud del movimiento, el control del dolor, la disminución del espasmo muscular y el favorecimiento en la cicatrización ósea, fundamentado en la liberación de opiáceos endógenos y el aumento de flujo sanguíneo local (Price, et al., 1993).

Por otra parte, en medicina humana se utilizan las propiedades analgésicas del complejo B para el manejo de las lesiones que afectan el sistema nervioso. Esto se debe a la interacción de la vitamina B (tiamina, piridoxina y cianocobalamina) con los receptores intra y supra espinales, que generan la secreción de serotonina y GABA de las neuronas nociceptivas de la médula espinal. La tiamina permite disminuir de forma significativa la hiperexcitabilidad y la hiperalgesia térmica, y revertir parcialmente las concentraciones de sodio inducidas por la lesión (Torres y Gutiérrez, 2012). Este tratamiento aún no tiene estudios serios en medicina veterinaria, pero puede ser replicado en los pacientes que presentan trauma de médula espinal, con el fin de evitar el uso de corticoesteroides.

Desarrollo del tema

Anamnesis. Se presentó al área de consulta general de un centro veterinario privado un canino macho de raza pekinés de 5 años de edad, por reciente trauma luego de caer de una mesa (110 cm) al suelo (en baldosa). Sus propietarios manifestaron que antes de acudir al centro veterinario, visitaron un consultorio veterinario particular en donde el canino fue tratado con dexametasona y metocarbamol a dosis no especificadas. El canino no presentaba antecedentes de enfermedad, tenía un plan sanitario vigente (vacunación y desparasitación) y una dieta a base de alimentos balanceados para perros marca o referencia no mencionadas y agua.

Hallazgos semiológicos. En el examen semiológico general se encontró al paciente alerta, responsivo a estímulos, en posición decúbito lateral, con dolor en la región del cuello, auscultación cardio respiratoria sin anormalidades, afebril y a-reactividad nódulo-linfoide. En el examen neurológico se encontró al paciente en estado consciente, postrado, tetraparesia no ambulatoria, sensibilidad presente, reflejos espinales presentes, propiocepción ausente en cuatro miembros, pares craneales con midriasis bilateral, aunque con respuesta a pupilar lumínica.

Se procedió a ingresar al paciente al área de hospitalización, para estabilización e inicio de plan diagnóstico. Manejo inicial con cateterización de vena cefálica, inicio de fluidos cristaloides isotónicos a razón de 50 ml/kg/d.

Plan diagnóstico. Se solicitó un estudio radiográfico simple en posiciones latero-lateral y ventro-dorsal de columna vertebral cervical bajo sedación (no autorizada por propietarios), razón por la cual se hizo al día siguiente del ingreso con el paciente consciente. El radiólogo reportó posible subluxación vertebral a nivel C5 – C6 y disminución de espacio intervertebral sobre C4 – C5 con posibilidad de hernia discal (Figura 1). Como examen confirmatorio y guía diagnóstica, se realizó una resonancia magnética (RM) en la que se distinguió una pequeña protusión de un disco deshidratado (C4 – C5) con mínima compresión de médula espinal, lo cual genera pérdida del espacio subaracnoideo en la columna ventral y signos de contusión medular (Figura 2).

De acuerdo con lo anterior, se solicitó la valoración del cirujano encargado, en la que se definió la intervención quirúrgica para la corrección de la lesión disco-intervertebral cervical. No fue posible realizar el procedimiento en el tiempo indicado por el especialista a causa de limitaciones económicas expuestas por los propietarios, lo cual conllevó el aumento de signos de degeneración neuromuscular tanto motora como

Figura 1

Imagen de rayos X de la región cervical, RX Latero-lateral izquierda, en la que se observa disminución de espacio intervertebral a nivel C4-C5.



Figura 2

Resonancia magnética (RM) de la región cervical, Imagen 2. Resonancia Mag Potenciada en T1, en la que se evidencia disco intervertebral C4-C5 deshidratado, con protusión y mínimo compromiso de la línea dural ventral. Imagen 3. Resonancia Mag Potenciada en T2, en la que el disco intervertebral C4-C5 se muestra deshidratado con ocupación de la medula espinal, además de señal hiperintensa sugerente de contusión (inflamación).



Imagen 2



Imagen 3

de mandíbula hasta el mango del esternón; se ubicó al paciente en decúbito dorsal con sujetadores de extremidades, se colocó almohada en zona dorsal de cuello con el fin de exponer y separar de manera adecuada las vértebras cervicales; se realizó incisión por línea media del cuello ventral desde el cartílago tiroideo hasta el mango del esternón; se separaron los músculos esternohioideo y esternomastoideo por su línea media. Una vez identificados el esófago y la tráquea estos se desplegaron hacia la izquierda, se comprobó zona de abordaje con localización de apófisis transversales de C5, ubicando así la zona de lesión (espacio C4 - C5); se incidieron y separaron las inserciones del músculo largo del cuello de las apófisis espinosas de C4 y C5 con separador de gelpi; se extirpó la apófisis espinosa ventral; se diseccionó el anillo fibroso ventral con bisturí y se perforó con

sensitiva superficial, es decir, alteración a nivel del tono muscular y propiocepción.

Manejo terapéutico inicial y pre quirúrgico. Como manejo inicial del paciente pos ingreso a hospitalización, se administró diurético de tipo osmótico (Manitol 20%) a razón de 0,2 g/kgPV en infusión venosa continua lenta, única dosis, Omeprazol 4mg a razón de 0.5mg/kgPV como protector de mucosa gástrica venosa lenta, una vez al día, fluido de terapia de mantenimiento a razón de 50ml/kgPV/d con NaCl 0,9%, cuidados de enfermería con sondeo vesical del paciente para facilitación de evacuación urinaria y control de producción de orina, cambios de posición del paciente cada 2 horas con evaluación de triada fisiológica (temperatura rectal, frecuencias cardíaca y respiratoria).

Pasadas 24 horas del ingreso del paciente, por sugerencia del cirujano, se adicionó metilprednisolona al plan terapéutico, como corticoesteroide de continuidad a razón de 2mg/kgPV, dosis única, dividida en 2 con 12 horas de diferencia de aplicación. Como continuación intrahospitalaria, se administró medicamento nutraceútico “neuroprotector” (Ginkgo biloba, zinc, vitamina C, entre otros componentes), manejo de acuerdo con la indicación del laboratorio en dosis de ½ cápsula cada 12 horas y aplicaciones cada 48 horas, para un total de 3 dosis, de tiamina a 10mg/kgPV/d. Como observación, el paciente perdió el apetito tan solo los primeros 3 días post trauma, los cuales fueron parcialmente compensados con aplicación de dextrosa y multivitamínicos vía venosa.

Intervención quirúrgica. Se ingresó al paciente a cirugía 9 días después del trauma; se hizo inducción a anestesia con propofol y mantenimiento con isoflurano. Se realizó tricotomía del cuello ventral del paciente desde el inicio del mismo y parte final

fresa neumática, cuidando el diámetro de la hendidura a realizar e irrigando constantemente con solución salina, con el fin de evitar resequedad y/o daño excesivo mecánico por causa de la fricción realizada. Luego de visualizar el canal vertebral, se retiró cualquier material que pudiera generar lesión o compresión ventral de la duramadre espinal. Se finalizó con replegación de las estructuras blandas; se suturó el músculo con sutura absorbible Vicryl 2-0, puntos continuos; y la piel con Prolene 3-0 con puntos simples.

Manejo terapéutico postquirúrgico. A la terapéutica actual se adicionó antibioticoterapia profiláctica con cefalexina a 20mg/kgPV cada 12 horas y metronidazol a 15mg/kgPV con la misma frecuencia. El manejo de dolor se hizo con meloxicam a razón de 0.1mg/kgPV los primeros 3 días postquirúrgicos, tramadol a 1mg/kgPV cada 8 horas durante los primeros 2 días con continuidad cada 12 horas, y DMSO a razón de 0.1ml/kgPV/d en infusión los siguientes 3 días a la intervención. Se dio continuidad a los cuidados por enfermería hasta el inicio de la terapia física.

Manejo terapéutico por rehabilitación. Al paciente se le realizaron 15 sesiones de fisioterapia, aplicando el protocolo de atención de 4 sesiones semanales, con intensidad horaria por día de 1 hora (60 minutos) durante 4 semanas. El proceso se inició a las 72 horas del postquirúrgico por indicación del cirujano tratante. El plan de tratamiento por rehabilitación se ejecutó en tres fases: la fase I (3 días después del postquirúrgico, semana 1) tuvo el objetivo de controlar el dolor y el edema, prevenir atrofia muscular por desuso, mantener adecuada flexibilidad y prevenir posturas compensatorias. Se incluyó reposo y cambios de posición cada 2 horas, aplicación de medios físicos analgésicos, como terapia de contraste, infrarrojo, electroestimulación sedativa (frecuencia 20 a 50 Hz durante 15 a 20 minutos), medidas antiedema, movilidad articular pasiva en miembros torácicos y pélvicos a tolerancia del paciente, estimulación sensitiva y propioceptiva en decúbito lateral, masaje terapéutico y ejercicios de flexibilidad pasiva.

En la fase II (semana 2) el objetivo fue favorecer arcos de movilidad articular y reclutamiento de fibras musculares, prevenir adherencias, favorecer propiocepción - equilibrio y potencializar marcha funcional a través de los ejercicios de la fase I más descargas de peso controladas, reentrenamiento de marcha asistida con arnés, técnicas de estimulación de equilibrio con desestabilizaciones externas, intensificación de la tonificación y técnicas de liberación miofascial. Finalmente, en la fase III (semana 3-4) el objetivo fue potencializar la fuerza muscular generalizada, mantener adecuados arcos de movilidad articular y condiciones de flexibilidad de miembros torácicos y pélvicos, estimular la reincorporación del paciente a las actividades de la vida diaria a través de ejercicios de las fases anteriores más ejercicios de reacciones protectoras con balón de Bobath, reentrenamiento de marcha sin ayuda externa, técnica de cavaletti, caminata en superficies inestables, ejercicios activos resistidos con carga, propiocepción en cuadripedestación con uso de balancín y bosu, manejo de la cicatriz con masaje y liberación.

DISCUSIÓN

El uso de corticoides en trauma medular genera controversia tanto en medicina humana como veterinaria, debido a sus efectos adversos y, en muchas ocasiones, por su manejo inadecuado. En algunos estudios se han reportado buenos resultados por su correcta administración y monitoreo, como sucedió en el presente caso, en el que el paciente recibió corticoides como parte de su terapéutica, con base en el proceso inflamatorio-inhibitorio que cursaba. No se evidenciaron efectos colaterales manejando dosis mínimas y conservatorias en frecuencia, además de proteger la mucosa gástrica permanente.

En cuanto al uso de estos medicamentos en medicina veterinaria, su aplicación se ha registrado durante muchos años e incluso, tradicionalmente se utilizan para el tratamiento de hernias o extrusiones discales (Garola, 2017-2018; Morales, 2016). Esto se debe a los beneficios que generan en la prevención de las lesiones secundarias de la médula espinal, que son: impedir la vasoconstricción y la formación de ácido araquidónico en el lugar de la lesión, favorecer la transmisión sináptica, reducir la irritación de la médula espinal e inhibir la

secreción de endorfinas a nivel hipofisiario (Forner, 1982; Parra y León, 2017).

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de los corticoides no es nuevo; hasta se han presentado estudios en los cuales se recomienda el uso de metilprednisolona o succinato sódico de metilprednisolona (SSMP) en las primeras ocho horas post trauma para proteger la médula espinal de la peroxidación lipídica (Garola, 2017-2018). También se reporta que estos antiinflamatorios ayudan a mejorar el intercambio iónico, los efectos antioxidantes, el flujo sanguíneo y, a prevenir la isquemia y degeneración de neurofilamentos (Garavito y León, 2015; Moschen, 2017; Parra y León, 2017). Por otro lado, los corticoides también son utilizados en otras enfermedades, como el embolismo o tromboembolismo fibrocartilaginosa de la médula espinal y la enfermedad medular compresiva crónica (Garavito y León, 2015; Martín, 2016; Rios y Reyes, 2019).

A pesar de estos estudios, el uso de corticoides para mejorar la lesión secundaria después de un trauma medular es muy debatido en la actualidad, porque no existen suficientes evidencias sobre los beneficios en la función neurológica de los pacientes (Lillo et al., 2019; Moreno, 2015; Postigo, 2006). En otros casos, se requieren dosis muy altas para alcanzar los efectos deseados (Lillo et al., 2019), y se presentan efectos adversos, como la interrupción de los procesos de regeneración, ya que dificultan la entrada de glucosa a las neuronas y debilitan la estructura del anillo fibroso (Garola, 2017-2018); también se presentan otros signos, como depresión, emesis, melena, úlceras gástricas, dolor abdominal e insuficiencia renal (Moschen, 2017; Rios y Reyes, 2019).

Por esta razón, los perros que reciban corticoides en su tratamiento deben ser monitoreados, y el médico veterinario encargado debe limitar su aplicación a aquellas enfermedades en las que los beneficios superen los riesgos. No es cuestión de excluir estos medicamentos, sino de conocer su correcta aplicación y sus respectivos riesgos.

Adicionalmente, respecto al plan terapéutico, sin importar el tratamiento que se practique en el paciente, es importante implementar la fisioterapia en su recuperación, con el objetivo de incrementar la independencia funcional y el alivio del dolor, y evitar complicaciones secundarias que afecten la calidad de vida del paciente (Alfonso, 2017; Garola, 2017-2018; Genz, 2017). En este caso, la terapia del paciente incluyó electroestimulación, masaje terapéutico, estimulación propioceptiva, crioterapia y terapia infrarroja; su uso radica en la ayuda a la disminución del edema, el aumento del movimiento y el manejo del dolor; este último beneficio permite que durante la recuperación del paciente no sea necesario el uso excesivo de medicamentos antiinflamatorios y/o analgésicos (Alfonso, 2017; Genz, 2017; Moreno, 2015).

Además, en las patologías que afectan la médula espinal se implementan los ejercicios terapéuticos con el fin de recuperar la movilidad y aumentar la fuerza muscular. En este caso se incluyó la estimulación propioceptiva y la terapia manual (Alfonso, 2017). Dentro de las técnicas fisioterapéuticas implementadas en pacientes con lesión medular, algunos estudios también emplean la terapia a láser para el manejo del dolor, la cicatrización y reparación del tejido nervioso; y la hidroterapia para la recuperación de la movilidad y fuerza de los cuatro miembros (Garola, 2017-2018; Moreno, 2015; Parra y León, 2017); no fue el caso de este paciente debido a las limitaciones económicas por parte del propietario.

Efectivamente, la fisioterapia produjo múltiples beneficios en la rehabilitación del paciente; de hecho, se le atribuye más peso en la recuperación que a la terapia farmacológica esteroidea. Por otro lado, el uso de neuroprotectores, sugeridos para evitar el daño axonal severo y regeneración posible del mismo, pudieron haber favorecido (De Risio, 2015; Ikeda et al., 2016) a mediano plazo al paciente, que finalizó con mínimas secuelas pese al tiempo que estuvo con limitaciones neuro-motoras. El plan diagnóstico inicialmente abordado no fue concluyente, debido a que la manipulación de este tuvo que ser consciente. Para la confirmación del diagnóstico se recurrió a la RM, en la que fue evidente el lugar de la lesión, y permitió concluir en ese momento que la solución de preferencia era la quirúrgica y la intervención fisioterapéutica.

CONCLUSIONES

La extrusión aguda no compresiva del núcleo pulposo es una patología común en la clínica diaria de pequeños animales, especialmente en perros, ya que existen diversas causas que la originan y se tiende a confundir fácilmente con la enfermedad degenerativa Hansen tipo I, que se descarta por medio de ayudas diagnósticas. Esta afección tiene diferentes opciones de tratamiento de acuerdo con la condición del paciente: el tratamiento conservador y el quirúrgico.

Con el objetivo de obtener la recuperación satisfactoria del paciente, es necesario que su rehabilitación incluya la fisioterapia, que a pesar de ser un área nueva en la medicina veterinaria y de que tarda días en lograr los resultados esperados, ofrece más beneficios a la calidad de vida del paciente. Por lo tanto, la fisioterapia es un excelente coadyuvante en la recuperación de discos herniados, lesiones agudas de la médula espinal, extrusiones no compresivas y otras enfermedades de la columna vertebral.

Se debe entender que son más los efectos colaterales que los benéficos que actualmente se describen respecto al uso de corticoides en traumas medulares agudos. En este caso, esa decisión se tomó por sugerencia del cirujano; sin embargo, los autores recomiendan no considerar el uso de corticoides en la práctica diaria, teniendo en cuenta que, en muchas ocasiones, no se podrá llevar a cabalidad el monitoreo, las precauciones y las medidas de control (tanto a nivel gastroentérico como perfusional renal).

La recuperación del paciente fue satisfactoria, a pesar del mal pronóstico de la patología y de no haber seguido un lineamiento temporal sugerido por un especialista en cuanto a la intervención quirúrgica. Los abordajes fisioterapéutico y médico de mantenimiento dieron al paciente la posibilidad de retornar a su familia en condiciones funcionales.

Se considera necesaria la realización de nuevos estudios con el fin de ampliar los conocimientos sobre esta nueva área y otros temas, como el uso de corticoides en pacientes con lesión medular aguda y la tiamina como coadyuva terapéutica, para mejorar y expandir la práctica veterinaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Mantilla, J. (2017). Fisioterapia en animales domésticos: ¿Qué dice la evidencia? *Movimiento Científico*, 11 (2), 81-87. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.11205>.
- Bermúdez Echeverri, S. y Patiño Horta, M. (2019). Síndrome medular multifocal asociado a discopatías por protrusión discal compresiva en bulldog francés. *Corporación Universitaria Lasallista*, 54p. <https://bit.ly/3ojxSaI>
- Böttcher, P., Böttcher, I., Truar, K., Ludewig, E., Oechtering, G. y Flegel, T. (2013). Effect of ventral slot procedure on spinal cord compression in dogs with single static intervertebral disc disease: Preliminary findings while evaluating a semiquantitative computed tomographic myelographic score of spinal cord compression. *Veterinary surgery*, 42(4), 383-391. <https://doi.org/10.1111/j.1532-95X.2012.01067.x>
- Builes, J. y Peláez, A. (2008). Hernia discal lumbar en un canino compatible con síndrome del paciente eutiroideo. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 83-89. <https://bit.ly/3ID6N0k>
- Caballero, S. y Nieto, M. (2005). Fisiopatología de la lesión medular. Revisión de literatura. *Veterinaria México*, 36(1), 75-86. <https://www.redalyc.org/pdf/423/42336107.pdf>
- Crawford, A., Cappello, R., Alexander, A. y De Decker, S. 2018. Ventral Slot Surgery to Manage Cervical

- Intervertebral Disc Disease in Three Cats. *Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology*, 31(1), 71-76. <https://doi.org/10.3415/vcot-17-05-0074>
- Difazio, J. y Fletcher, D. (2013). Updates in the Management of the Small Animal Patient with Neurologic Trauma. *Vet Clin Small Anim.* 43, 915-940. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.03.002>
- Fitch, R., Kerwin, S. y Hosgood, G. (2000). Caudal Cervical Intervertebral Disk Disease in the Small Dog: Role of Distraction and Stabilization in Ventral Slot Decompression. *J Am Anim Hosp Assoc.*, 36(1), 68-74. <http://dx.doi.org/10.5326/15473317-36-1-68>.
- Fornier, J. (1982). Farmacología de la lesión medular. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*, 17(101). 293-302. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/444036>
- Fruth, S. y Michlovitz, S. (2012). Modalities for Therapeutic intervention. *Cold therapy*. 5ª ed. 5-21. FA Davis.
- Garavito, N. y León, W. (2015). Embolismo fibrocartilaginoso de la médula espinal en caninos. 2(1), 12-19. *Zoociencia*. <https://n9.cl/3bi52>
- Garola, L. (2018). Tratamiento quirúrgico de las hernias discales toracolumbares en el paciente canino. [tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza, España]. <https://n9.cl/at4jt>.
- Genz, B. (2017). Tratamento Fisioterápico na Reabilitação de Cães com Afecções em Coluna Vertebral: Revisão de Literatura. [tesis de pregrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil]. <https://n9.cl/kvrzd>
- Hodgson, M., Bevan, J., Evans, R. y Johnson, T. (2017). Influence of In-House Rehabilitation on the Postoperative Outcome of Dogs with Intervertebral Disk Herniation. *Veterinary surgery*, 46(4), 566-573. <https://doi.org/10.1111/vsu.12635>
- Lillo, F., Nasello, W. y Sappia, D. (2019). La patología discal y su resolución quirúrgica. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina]. <https://n9.cl/ujzvh>
- Martín, P. (2016). El uso de corticosteroides en el tratamiento de enfermedades neurológicas en pequeños animales. *Im veterinaria*. <https://n9.cl/uar8>
- Molina, N. (2017). Estudio de caso: Protrusión Discal Hansen tipo II y su resolución quirúrgica con la técnica de descompresión medular (Hemilaminectomía). [tesis de pregrado, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia-Colombia]. <https://n9.cl/ljtbq>
- Morales, C. (2016). Bases para el manejo del dolor en perros y gatos. Universidad de Antioquia. <https://n9.cl/jc77>
- Moreno, S. (2012). Trauma Raquimedular. *Morfología*, 7(1), 48-54. <https://n9.cl/olnx>
- Moreno, V. (2015). Terapia física y Rehabilitación en especies menores en diversas clínicas privadas y domicilios del Gran Área Metropolitana. [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Costa Rica]. <https://n9.cl/m8y9g>
- Moschen, L. (2017). Doença do disco intervertebral cervical e toracolombar em pequenos animais. [tesis de pregrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil]. <https://n9.cl/81nux>.
- Neurovet Argentina. (2010). Primeras Jornadas de Neurología Veterinaria Argentina. Asociación Argentina

de Neurología Veterinaria.

- Parra, C. y León, W. (2017). Enfermedad de disco intervertebral en segmento toracolumbar en canino Hansen tipo uno, reporte de caso clínico. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. <https://n9.cl/2zop>.
- Postigo, R. (2006). Metilprednisolona en el tratamiento del trauma raquimedular. Análisis de la evidencia. *Rev. Med. Clin. Condes*, 17(1), 12-19. <https://n9.cl/nhno>
- Rios, K. y Reyes, N. (2019). Trombo embolismo fibrocartilaginoso (EFC) en un canino de raza bearded collie. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. <https://bit.ly/36B39Qf>
- Rossmesl, J., White, C., Pancotto, T., Bays, A. y Henao, P. (2013). Acute Adverse Events Associated with Ventral Slot Decompression in 546 Dogs with Cervical Intervertebral Disc Disease. *Veterinary surgery*, 24 (7), 795-806. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.12039.x>
- Sánchez, D., Beltran, E., Mascort, J. y Pascual, L. (2012). Enfermedad discal intervertebral (I): anatomía, fisiopatología y signos clínicos. *Clin. Vet. Peq. Anim*, 32(1), 7-12. <https://n9.cl/bmxe>
- Sánchez, D., Beltran, E., Mascort, J. y Pascual, L. (2015). Enfermedad discal intervertebral (II): pruebas diagnósticas, tratamiento y pronóstico. *Clin. Vet. Peq. Anim*, 35(2). 7-21. <https://n9.cl/tlcu>
- Shimose, C. y Salina, E. (2018). Caracterización de lesiones en columna vertebral mediante tomografía computarizada en canes de Lima, Perú. *Rev. investig. vet. Perú*, 29(1). 132-141 p. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14204>.
- Torres, A. y Gutiérrez, R. (2012). Efecto analgésico de las vitaminas del complejo B, a 50 años de la primera combinación fija de tiamina, piridoxina y cianocobalamina. *Med Int Mex*, 28(5), 473-482. <https://n9.cl/xq77>
- Algaflly, A. y George, K. (2007). The Effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. *Br J Sports Med.*, 41(6), 365-369. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2006.031237>.
- Melzack R. y Wall, P. (1965). Pain mechanisms: a new theory. *Science*, 150(3699), 971-979. <https://n9.cl/hfq9c>
- Price, R., Lehmann, J., Boswell-Nessette, S., Burleigh, A. y Delateur B. (1993). Influence of cryotherapy on spasticity at the human ankle. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(3), 300-304. <https://n9.cl/9z9rk>
- De Risio, L. (2015). review of fibrocartilaginous embolic myelopathy and different types of peracute non-compressive intervertebral disk extrusions in dogs and cats. *Front Vet Sci*, 2, 24. <https://doi.org/10.3389/fvets.2015.00024>
- Ikeda, K., Liu, X., Kida, K., Marutani, E., Hirai, S., Sakaguchi, M., Andersen, L., Bagchi, A., Cocchi, M., Berg, K., Ichinose, F. y Donnino, M. (2016). Thiamine as a neuroprotective agent after cardiac arrest. *Resuscitation*, 15, 138-144. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2016.04.024>

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Volumen **12** Número **2**
Julio-Diciembre 2020

REVISTA
FAGROPEC
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

FUENTES PROTEICAS DE BAJA DEGRADACIÓN RUMINAL Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE METANO EN BOVINOS DE CARNE

*Protein sources of low ruminal degradation and its effect on methane
production in beef cattle*

Artículo de Revisión



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

¹Zoot. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias (FCAV), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.
E-mail: thayna17.rp@outlook.com

²PhD, Msc, MVZ. Investigador PhD en Nutrición de Rumiantes, AGROSAVIA, San Roque, Antioquia.
E-mail: yurygranjasalcedo@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4783-999X>

³Vet. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agropecuarias de la Universidad de Santander.
E-mail: danielle2205av@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9158-7155>

⁴PhD, Msc, Zoot. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias (FCAV), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.
E-mail: duarte_juliana@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7462-9010>

Cómo citar

Ribeiro da Silva, T., Granja-Salcedo, Y. T., Alvarado-Vesga, D., & Duarte-Messana, J. (2020). Fuentes proteicas de baja degradación ruminal y su efecto en la producción de metano en bovinos de carne. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia. Vol. 12 (2), 232-240. <https://doi.org/10.47874/fagropec.v12n2a5>

*Autor para correspondencia:
yurygranjasalcedo@gmail.com



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

Thayná Ribeiro da Silva¹
Yury Tatiana Granja Salcedo^{2*}
Daniela Alvarado Vesga³
Juliana Duarte Messana⁴

RESUMEN

La producción pecuaria ha sido estigmatizada en función de la producción de gases efecto invernadero (GEI), principalmente de gas metano (CH₄). Sin embargo, la mayoría de la población desconoce las cifras reales que aporta cada sector económico a la producción de estos gases en el mundo. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que la población mundial llegará a ser de 8,6 billones en 2030 y de 9,8 billones en 2050; consecuentemente habrá necesidad de aumentar la producción de alimentos para el consumo humano y consecuentemente animal. Dentro de las estrategias de mitigación de producción de CH₄, la manipulación de las dietas se concibe como un enfoque simple y práctico, que puede garantizar una mejor productividad, además de ayudar a reducir las emisiones de CH₄ hasta en un 40%. Es posible clasificar la proteína de la dieta con respecto al lugar de aprovechamiento por el animal, es decir, puede ser denominada como proteína degradada en el rumen (PDR) o proteína no degradada en el rumen (PNDR). Por otro lado, se conoce que a partir de la fermentación ruminal de carbohidratos y de proteínas ocurre la producción de CH₄ entérico por los bovinos, así, el uso de PNDR podría limitar el crecimiento de los microorganismos metanogénicos debido a la baja disponibilidad de grupos H₂ y metilo en el rumen para su metabolismo, reduciendo consecuentemente las emisiones de CH₄. El objetivo de esta revisión se basó en exponer los detalles del metabolismo ruminal y resultados de estudios recientes, utilizando fuentes de PNDR para reducción de las emisiones de CH₄ en rumiantes.

Palabras clave

Archaeas; confinamiento; fermentación; ganadería; pasto.

ABSTRACT

Livestock production has been stigmatized based on the production of greenhouse gases (GHG), mainly methane gas (CH₄). However, most of the population does not know the real numbers of the contribution of each economic sector to the production of these gases all over world. The United Nations (UN) estimates that the world population will reach 8.6 billion in 2030 and 9.8 billion in 2050, bringing the need to increase the production of food for humans and consequently animal consumption. Within the CH₄ production mitigation strategies, the dietary manipulation is a simple and practical approach, which can guarantee better productivity, as well as reducing CH₄

emissions by up to 40%. There is a possibility to classify dietary protein in relation to the place of the animal use, that is, it can be called rumen degraded protein (RDP) or rumen undegradable protein (RUP). On the other hand, it is known that the ruminal fermentation of carbohydrates and proteins lead to the cattle's production of enteric CH₄. In such a way, the use of RUP could limit the growth of methanogenic microorganisms due to the low availability of H₂ and methyl groups in the rumen for its metabolism, consequently reducing the CH₄ emissions. This review aims to present details of ruminal metabolism and the results of recent studies using RUP sources to reduce CH₄ emissions in ruminants.

Key words

Archaea; feedlot; fermentation; forage; livestock.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que la población mundial llegará a ser de 8,6 billones en 2030 y de 9,8 billones en 2050 (FAO, 2019), por lo que será necesario aumentar la producción de alimentos para el consumo humano y consecuentemente animal. En este contexto, la ganadería de carne deberá ser cada vez más eficiente siendo necesario producir carne de calidad a bajo costo y con el menor impacto ambiental posible. Una alternativa para lograr lo antes mencionado es intensificar el sistema de producción, con el fin de atender esa creciente demanda implementando la ceba en confinamiento, la cual es una opción que mejora los índices de productividad así como la calidad de carne.

En el entendido de que todos los países de América Latina son productores de carne, se deberán tomar medidas tecnológicas para el aumento de los índices productivos que sean necesarios. Por ejemplo, en los últimos años Brasil se ha destacado en el mercado como un importante productor de alimentos por su ganadería de carne, actuando competitivamente en el mercado internacional; de acuerdo con USDA (2020), este país posee el mayor rebaño comercial de bovinos en el mundo, pues cuenta con 238,1 millones de cabezas y es el segundo país más consumidor de carne (37,5 kg/habitante/año), además de ser un líder mundial en la exportación de carne bovina. Así mismo, en Brasil el sector de la ganadería representa un importante papel en el escenario nacional, en tanto contribuye con aproximadamente el 8% del PIB del país, lo cual refleja un estructurado proceso de desarrollo, el cual permitió a su vez no solo el aumento de la productividad, sino también de la calidad del producto, así como una mayor competitividad y cobertura del mercado. Por otro lado, los sistemas ganaderos en Colombia están principalmente enfocados a la producción de carne; menos del 1% está dedicado a la lechería especializada; el 21,1% de ellos están dedicados a la ceba; el 41,4% a la cría (parte de la cadena productiva de carne); finalmente el restante al doble propósito (FEDEGAN, 2018).

El objetivo de esta revisión se basa en exponer los detalles del metabolismo ruminal y resultados de estudios recientes utilizando fuentes de proteína no degradable en el rumen (PNDR), para reducción de las emisiones de metano entérico (CH₄) en bovinos de carne.

Impacto ambiental de la ganadería y fermentación ruminal

En función de las proyecciones realizadas por la FAO se espera que el consumo de proteína animal debe aumentar, debido tanto al crecimiento de la población, como al aumento de la renta per cápita, especialmente en los países en desarrollo, hecho que conlleva la búsqueda de alimentos de calidad con valor agregado. En este contexto, mucho se ha estigmatizado a la producción pecuaria en función de la producción de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente de gas metano (CH₄). Sin embargo, la mayoría de la población desconoce las cifras reales del aporte de cada sector económico a la producción de estos gases en el mundo.

A nivel mundial, dentro de los sistemas de producción de carne, además de la búsqueda de la intensificación de dicho sistema, existe una preocupación por la producción animal de forma sostenible, con el objetivo de reducir los impactos ambientales y los cambios climáticos globales. De acuerdo con el informe del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2019), en América Latina en promedio, un bovino emite 56 kg/animal/año de metano entérico, mientras que la actividad agropecuaria fue responsable del 23% del total de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) y del 44% de las emisiones de metano (CH_4), entre los años 2007 y 2016 en el mundo. Por lo tanto, será necesario producir más alimentos y al mismo tiempo conservar los recursos naturales disponibles, reduciendo las emisiones de GEI.

En este contexto, los rumiantes poseen un papel importante tanto para la producción de alimentos, como para la contribución de las emisiones de GEI. Estos han evolucionado durante más de 14 millones de años, para adaptarse a diferentes regiones del mundo y para aprovechar los alimentos de alta disponibilidad en la naturaleza (plantas) (Van Soest, 1994). Dicha evolución les ha permitido mantener una microbiota simbiótica diversa en su rumen, constituida principalmente de bacterias, Archaeas, protozoarios, hongos y virus (Firkins & Yu, 2015), lo que permite a los rumiantes la capacidad de degradar fibras vegetales y aprovechar el nitrógeno no proteico (NNP), como la urea, los nitritos y los nitratos. Sin esta simbiosis, los componentes fibrosos no podrían ser aprovechados por el animal, una vez la mayoría de los mamíferos no tienen la capacidad de producir enzimas que rompan los enlaces β 1-4, que une a la mayoría de las hexosas que componen la celulosa y la hemicelulosa (Van Soest, 1994). De esta población, las bacterias son el grupo más estudiado, en bovinos a pasto esta población es representada principalmente por bacterias de los filos Firmicutes, Bacterioidetes, Proteobacteria y Fibrobacteres (Granja-Salcedo et al., 2017).

Estudios sugieren que la diversidad de los microorganismos ruminales está asociada con características productivas del rumiantes hospedero, así como con la sanidad del ganado que influye en la eficiencia alimentaria (Li & Guan, 2017; Shabat et al., 2016) y en la producción de CH_4 (Difford et al., 2018; Wallace et al., 2015). Siendo así, los bovinos que presenten una mayor eficiencia en la digestión de alimentos asociado a una dieta que contribuya con la reducción de CH_4 entérico, puede beneficiar la producción de rumiantes y mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad, con un menor impacto ambiental.

De acuerdo con Haque (2018), dentro de las estrategias de mitigación de producción de CH_4 , la manipulación de las dietas es un enfoque simple y práctico, que puede garantizar una mejor productividad, además de reducir las emisiones de CH_4 hasta en un 40%. Una de las estrategias nutricionales propuestas para reducir la producción de CH_4 es aumentar la inclusión de nutrientes potencialmente digestibles, en dietas que escapen a la fermentación ruminal, o también el uso de dietas con perfiles de fermentación que favorezcan la formación de ácido propiónico en vez de ácido acético o butírico (Beauchemin et al., 2008; Dijkstra et al., 2011; Ellis et al., 2008). En este sentido, un estudio en bovinos de la raza Nelore demostró que el aumento de carbohidratos no estructurales en la dieta (almidón), puede reducir hasta 50% de la población de *Arqueas metanógenas* en el rumen de estos animales y consecuentemente disminuir de 57,0 para 49,5 gr de CH_4 producido por cada kg de alimento consumido por el animal (Granja-Salcedo et al., 2016).

Con base en la ruta de fermentación, la formación de acetato (C3) y butirato (C4) provienen de la fermentación de carbohidratos estructurales que resultan en la liberación de H_2 y carbono en la forma de CO_2 , y por lo tanto, en la formación de CH_4 , mientras que el propionato (C3) es producido principalmente durante la fermentación de carbohidratos no estructurales, no libera CO_2 y consume H_2 , reduciendo así la producción de CH_4 (Dijkstra et al., 2011; Ellis et al., 2008).

A partir de la fermentación entérica, los rumiantes son capaces de transformar la biomasa no digerible por lo humanos (ejemplo: celulosa y hemicelulosa) en proteína animal de excelente calidad (Gerber et al., 2015). Con respecto a la cantidad de CH_4 producido, este depende de la cantidad de biomasa degradada, la fracción de

biomasa no incorporada por los microorganismos, el ácido graso formado durante la fermentación ruminal, el tipo de sustrato fermentado y la composición de la dieta (Bannink et al., 2010; Dijkstra et al., 2011; van Gastelen et al., 2019).

Durante la fermentación, el hidrógeno (H_2) y el gas carbónico (CO_2) son liberados en el rumen a través de la re-oxidación de los cofactores reducidos (NADH, NADPH y FADH). Estos son los principales sustratos utilizados por los microorganismos metanogénicos (Archaeas) en la vía predominante de producción de CH_4 en el rumen, conllevando a la reducción de H_2 y proporcionando una fermentación continua (Ellis et al., 2008). Esto ocurre para garantizar un ambiente ideal para la fermentación realizada por los microorganismos, caracterizando un camino crucial para mantener el equilibrio del H_2 y el pH ruminal, una vez acúmulos de H_2 resultan en bajo pH y baja disponibilidad de los cofactores (NAD, NADP y FAD), reduciendo así la actividad de diversas enzimas microbianas importantes para la continuidad de la degradación de alimentos en el rumen.

Proteína en la dieta y su efecto en la producción de metano entérico

Adicionalmente, la fermentación de proteína en el rumen hace que los aminoácidos (AAs) estén disponibles para la desaminación, resultando en una mayor producción de H_2 (Vanegas et al., 2017). Según Salazar et al. (2008) el metabolismo de proteína en rumiantes envuelve la degradación de proteína en péptidos, AAs y amoníaco (NH_3) por los microorganismos ruminales. La estructura de la proteína en la dieta es considerada un factor determinante de ese metabolismo, influenciando la degradación ruminal (Bach et al., 2005).

Un estudio realizado por Vanegas et al., (2017) analizó la influencia de la fuente de nitrógeno (N) en la producción de CH_4 *in vitro* a partir de la fermentación de dos sustratos, preparados a partir de una mezcla de almidón de maíz y celulosa en diferentes proporciones, con tasas variables de fermentación y observó que diferentes sustratos influyen la disponibilidad de grupos metil e H_2 , afectando la actividad de los microorganismos metanogénicos, alterando las poblaciones microbianas y generando diferentes producciones de CH_4 .

Adicionalmente, Haro et al., (2018) estudió el efecto de la inclusión de proteína protegida en la degradación ruminal sobre la producción de CH_4 y fermentación ruminal *in vitro*, confirmando que el uso de proteína promueve una menor producción de CH_4 debido a la menor degradación de proteínas en el rumen, además de aumentar la producción de propionato. Bento et al. (2015) observaron que la suplementación con caseína, una fuente de PDR, infundida directamente en el rumen de novillos Nelore, provocó un aumento en la actividad de desaminación de aminoácidos, hecho que es positivo para la cantidad de sustrato disponible para la microbiota ruminal y para el rumiante. Sin embargo, no observaron efectos de los tratamientos sobre la diversidad de *Archaeas metanogénicas*.

En este contexto, es posible clasificar la proteína de la dieta con respecto al lugar de aprovechamiento por el animal, es decir, puede ser denominada como proteína degradada en el rumen (PDR) o proteína no degradable en el rumen (PNDR). La PDR es compuesta de NNP y proteína verdadera, siendo esta última degradada en péptidos y AAs, que serán desaminados y utilizados para la síntesis de proteína microbiana o siendo degradados por los microorganismos ruminales. Por otro lado, la PNDR se caracteriza por tener una baja degradación ruminal, encontrándose disponible en mayor cantidad en la digestión post ruminal, es decir en el intestino delgado.

Dietas que proporcionan PDR en grandes cantidades pueden ocasionar exceso de NH_3 , el cual será absorbido por la pared ruminal y enviado al hígado, donde será transformado en urea; sin embargo, puede retornar al rumen a través de la saliva o ser excretado vía orina (Salazar et al., 2008). Una vez en el ambiente, el N excretado puede ser convertido en óxido nitroso y CO_2 , siendo perjudiciales para la salud humana y para el medio ambiente (Abbasi et al., 2018). La eficiencia en la utilización de nitrógeno por los bovinos es aproximadamente del 30% y el otro 70% es excretado por el animal al medio ambiente, por medio de las heces

y de la orina (VandeHaar y St-Pierre, 2006).

El uso de PDR está asociado con el suministro de proteína microbiana en el intestino delgado, el cual satisface parte de la demanda de proteínas metabolizables del animal. Sin embargo, la adición de PNDR en la dieta puede intensificar el flujo de AAs para el intestino delgado y mantener así el equilibrio de la producción (Detmann et al., 2014; Leonardi et al., 2003; Rufino et al., 2016); por lo anterior, una mayor cantidad de proteína absorbida en el intestino delgado, aumenta la retención de N en el cuerpo del animal.

De esta forma, se conoce que a partir de la fermentación ruminal de carbohidratos y proteínas ocurre la producción de CH₄ entérico por los bovinos. La producción de CH₄ es realizada exclusivamente por las *Archaeas* metanogénicas, sin embargo, todos los microorganismos ruminales participan de este proceso directa o indirectamente (Yang et al., 2016).

Las *Archaeas* son un grupo de microorganismos primitivos que se diferencian de las bacterias. Estos microorganismos habitan ambientes extremos y son en su mayoría anaeróbicos, por lo cual viven en ambientes con pocas concentraciones de oxígeno. Su pared celular es compuesta por pseudomureina, proteína, glicoproteína o heteropolisacáridos y la secuencia de nucleótidos indica que presentan una evolución inicial diferentes a la de las bacterias (Ishino et al., 1998).

En el ambiente ruminal, una pequeña parte de las metanogénicas se encuentra asociada a los protozoarios, tanto en su superficie como en su interior y en su mayoría están de forma libre en el líquido ruminal o como miembros de la biopelícula adheridos a las partículas de alimento (Valle et al., 2015).

La asociación entre los metanogénicos y los demás microorganismos en el rumen revela una relación simbiótica, en la cual los metanogénicos, al utilizar el H₂, promueve un ambiente ruminal adecuado para la supervivencia de estas (Van Soest, 1994).

Sin embargo, también se reporta una relación competitiva entre los microorganismos metanogénicos, las bacterias reductoras de sulfato y acetogénicas, debido a la disponibilidad de H₂ en el rumen (Ellis et al., 2008). Por otra parte, otros compuestos como formato, metilaminas y sulfuros metilados también pueden ser usados como sustratos, por los microorganismos metanogénicos.

Por lo anterior, el uso de PNDR podría limitar el crecimiento de los microorganismos metanogénicos, debido a la baja disponibilidad de grupos H₂ y metilo en el rumen para su metabolismo, reduciendo consecuentemente las emisiones de CH₄. Estudios recientes realizados en Brasil por Da Silva (2020) sobre novillos Nelore, los cuales han sido mantenidos en confinamiento y con diferentes fuentes de PNDR en la dieta (gluten de maíz o harina de soja sobrepasante), lograron demostrar que estas fuentes de PNDR reducen entre 70 y 75% la población total de arqueas productoras de metano en el rumen de estos animales, al compararse con un grupo control con harina de soja como fuente de PDR. Una evaluación similar, pero en animales mantenidos en pastos *Urochloa brizantha* cv. Xaraés (*Braquiária brizantha* Xaraés) suplementados con concentrados con las mismas fuentes de PNDR, Colovate (2020), encontró reducciones entre 69 y 72% de la población total de arqueas productoras de metano en el rumen de novillos Nelore. Sin embargo, cuando estos trabajos midieron las emisiones de CH₄ en los animales no encontraron efectos de reducción, al compararse con las observadas en animales de la dieta control. Estos estudios están en línea con afirmaciones realizadas por Tapio et al., (2017), quienes sugieren que las emisiones de metano entérico en rumiantes dependen más de la diversidad de la comunidad de arqueas en el rumen y no tanto de la abundancia de esta población en ese ambiente. Así, etapas de experimentación futuras son necesarias para estudiar a profundidad la diversidad microbiana ruminal de esta población, en animales alimentados con fuentes de PNDR. Así mismo, es necesario realizar estudios económicos en los cuales, factores como la ganancia de peso y el tiempo de producción de estos animales sea considerado.

CONCLUSIONES

La manipulación dietética para el incremento de los índices productivos de los sistemas de producción de carne en Latinoamérica, debe ser considerada una estrategia importante respecto del objetivo de lograr sistemas ganaderos sustentables, que produzcan carne de calidad, pero con el menor impacto ambiental posible. El uso de fuentes de proteína no degradable en el rumen puede ser una alternativa a considerar para alcanzar este objetivo; sin embargo, debido a los pocos resultados experimentales, futuras investigaciones deben ser conducidas, con el fin de comprender mejor sus efectos sobre la población de *Archaeas*, además de los posibles beneficios ambientales.

LITERATURA CITADA

- Abbasi-rajá, I., Abbasi, F., El Hack-Abd, M., Mervat- Latif, A., Rab, S., Hayat, K., Mohamed, A., Bello, B., Junhu, Y., Yangchun, C., (2017). Critical analysis of excessive utilization of crude protein in ruminants ration: Impact on environmental ecosystem and opportunities of supplementation of limiting amino acids—a review. *Environmental Science and Pollution Research, Environ Sci Pollut Res*. Northwest A&F University, China 25(1), 181-190. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0555-4>
- Bach, A., Calsamiglia, S., Stern, M. (2004). Nitrogen Metabolism in the Rumen. American Dairy Science Association, *J. Dairy Sci.* Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, Barcelona-España. 88, E9-E21. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)
- Bannink, A., Smits, M., Kebreab, E., Mills; Ellis, J., Klop, A., France, J., Dijkstra, J. (2009). Simulating the effects of grassland management and grass ensiling on methane emission from lactating cows. *The Journal of Agricultural Science, J. Agri Sci.* Department of Animal Production, Animal Sciences Group. 148(1), 55-72. <https://doi.org/10.1017/S0021859609990499>
- Beauchemin, K., Kreuzer, M., O'mara, F., y Mcallister, T.(2008). Nutritional management for enteric methane abatement: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture, Aust J ExAgri.* Agriculture and Agri-Food Canada, Research Centre, Lethbridge, Alberta, Canada. 48(2), 21-27. <https://doi.org/10.1071/EA07199>
- Bento-Pereira, C., Azevedo, A., Gomes, D., Batista, ED., Rufino-Almeida, M., Detmann, E., Mantovani, H. (2015). Effect of protein supplementation on ruminal parameters and microbial community fingerprint of Nelore steers fed tropical forages. *Animal.* Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil; v.10, p. 44-54. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001512>
- Colovate, PH. (2020). Influência de diferentes fontes de proteína não degradável no rúmen sobre *Archaeas* metanogênicas e emissão de metano entérico em bovinos Nelore terminados em pastagens. *Tesis conducente al grado de Zootecnia.* Directora: Dra. Telma Teresinha Berchielli. Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal. Carrera de Zootecnia. 42p.
- Da Silva, TR. (2020). Influência de diferentes fontes de PNDR sobre a emissão de metano entérico e *Archaeas* metanogênicas em bovinos Nelore confinados. *Tesis conducente al grado de Zootecnia.* Directora: Dra. Telma Teresinha Berchielli. Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal. Carrera de Zootecnia. 37p
- Detmann, E., Valente, E., Batista, ED.; Huhtanen, P., (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science, J Liv*

- Sci. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais – Brasil. 162, 141-153. <https://bit.ly/39AbA0i>
- Difford, GF., Plichta, RD., Løvendahl, P., Lassen, J., Joan-Noel, S., Højberg, AO., Wright, D., Zhu, Z., Kristensen, L., Bjørn-Nielsen, H., Guldbandsen, B., Sahana, G. (2018). Host genetics and the rumen microbiome jointly associate with methane emissions in dairy cows. *PLOS Genetics*, Aarhus University, Tjele –Denmark. 14(10): e1007580. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007580>
- Dijkstra, J., Oenema, O., Bannink, A. (2011). Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: Implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Wageningen University, Wageningen –The Netherlands. 3(5), 414-422. <https://10.1016/j.cosust.2011.07.008>
- Ellis-Lynn, J., Dijkstra, J., Kebreab, ER., Bannink, A., Odongo, N., McBride, BW., France, J. (2008). Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modelling of methane production in cattle. *The Journal of Agricultural Science, J Agri Sci*. University of Guelph –Canada. 146(2), 213-233. <https://doi.org/10.1017/S0021859608007752>
- Federación Colombiana de Ganaderos – FEDEGAN. (2018). *Número de bovinos de acuerdo a la orientación de su producción*. 004-Orientación del hato ganadero. Oficina de Planeación Fedegán, Colombia. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/inventario-ganadero>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and Global Dairy Platform Inc. FAO. (2019). *Climate Change and the Global Dairy Cattle Sector*. FAO. Roma. <https://bit.ly/36ANqRq>
- Firkins-Lynn, J., y Zhongtang, Y. (2015). Ruminant Nutrition Symposium: How to use data on the rumen microbiome to improve our understanding of ruminant nutrition^{1,2}. *Journal of Animal Science, Jour A Sci*. The Ohio State University, Columbus –United States. 93(4), 1450-1470. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8754>
- Gerber, PJ., Mottet, A., Opio, C., Teillard, F. (2015). Environmental impacts of beef production: Review of challenges and perspectives for durability. *Meat Science*, United Nations. Animal Production and Health Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 109, 2-12. <https://bit.ly/3omOSg6>
- Granja-Salcedo, Y., Ribeiro-Júnior, C., De-Jesus, R., Gomez-Insuasti, A., Rivera, A., Messana, J., Canesin, R., Berchielli, T. (2016). Effect of different levels of concentrate on ruminal microorganisms and rumen fermentation in Nellore steers. *Archives of Animal Nutrition*. Universidad Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Zootecnia, São Paulo –Brasil. 70:1, 17-32. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2015.1117562>
- Granja-Salcedo, Y., Ramirez-Uscategui, R., Machado E., Messana, J., Kishi, L., Berchielli, T. (2017) Studies on bacterial community composition are affected by the time and storage method of the rumen content. *Universidad Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Zootecnia, São Paulo –Brasil*. PLoS ONE. 12(4): e0176701. <https://bit.ly/33IKWyp>
- Haque, M. (2018). Dietary manipulation: A sustainable way to mitigate methane emissions from ruminants. *Journal of Animal Science and Technology*, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Science and Technology University. Gopalganj –Bangladesh. 60(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0175-7>
- Haro, A., Carro, M., De Evan, T., González, J. (2018). Protecting protein against ruminal degradation could contribute to reduced methane production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, Madrid, España 102(6), 1482-1487.

<https://doi.org/10.1111/jpn.12973>

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, United States. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>
- Ishino, Y., Komori K., Cann, I., Koga, Y. (1998). A Novel DNA Polymerase Family Found in Archaea. *Journal of Bacteriology*. Department of Molecular Biology, Biomolecular Engineering Research Institute (BERI). Osaka–Japan. 180(8), 2232-2236. <https://doi.org/10.1128/JB.180.8.2232-2236.1998>
- Leonardi, C., Stevenson, M., Armentano, L. (2003). Effect of Two Levels of Crude Protein and Methionine Supplementation on Performance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. University of Wisconsin, Madison, United States. 86(12), 4033-4042. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74014-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74014-4)
- Li, F., Guan Le, L. (2017). Metatranscriptomic Profiling Reveals Linkages between the Active Rumen Microbiome and Feed Efficiency in Beef Cattle. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(9), e00061-17, e00061-17. University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada. <https://doi.org/10.1128/AEM.00061-17>
- Rufino-Almeida, M., Detmann, E., Gomes, DW., Dos-Reis, LS., Darlison-Batista, E., Campos Valadares, S., Paulino, MF. (2016). Intake, digestibility and nitrogen utilization in cattle fed tropical forage and supplemented with protein in the rumen, abomasum, or both. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0069-9>
- Salazar, DR., Simoes-Cortinhas, C., Esler-Freitas, J. (2008). Sincronismo energia- proteína: assimilação de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ruminantes. *Pubvet, Universidade de São Paulo, Pirassununga–Brasil* v.2, n.15. <http://www.pubvet.com.br/material/Salazar200.pdf>
- Shabat- Bem, K., Goor, S., Faigenboim, AD., Durman T., Yaacoby, S., Berg, ME., A White, B., Shterzer, N., Itzhak, M. (2016). Specific microbiome-dependent mechanisms underlie the energy harvest efficiency of ruminants. *The ISME Journal*, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva –Israel. 10(12), 2958-2972. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.62>
- Tapio, I., Snelling, T., Strozzi, F., Wallace, J. (2017). The ruminal microbiome associated with methane emissions from ruminant livestock. Jokioinen –Finland. *Journal of Animal Science and Biotechnology –J Animal Sci Biotechnol*. Green Technology, Natural Resources Institute Jokioinen–Finland. v.8, n.1, p.1-11.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2020). Livestock and Poultry: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service: USDA. <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>
- Valle, ER., Henderson, G., Janssen, PH., Cox, F., T, WA., Mcallister, TA. (2015). Considerations in the use of fluorescence in situ hybridization (FISH) and confocal laser scanning microscopy to characterize rumen methanogens and define their spatial distributions. *Canadian Journal of Microbiology*, Lethbridge Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada. 61(6), 417-428. <https://doi.org/10.1139/cjm-2014-0873>

- Vanegas, J., González, J., y Carro, M. (2017). Influence of protein fermentation and carbohydrate source on in vitro methane production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Spain. 101(5), e288-e296. <https://doi.org/10.1111/jpn.12604>
- Vandehaar, MJ., N. St-Pierre. (2006). Major Advances in Nutrition: Relevance to the Sustainability of the Dairy Industry. *Journal of Dairy Science*, Michigan State University 89(4), 1280-1291. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72196-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72196-8)
- Van Sanne, G., Jan, D., André, B. (2019). Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep?. *Journal of Dairy Science*, Wageningen University & Research. Wageningen –Netherlands102(7), 6109-6130. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15785>
- Van Soest, P. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University.* 476p.
- Wallace, J., Rooke, JA., Nest, M., Duthie, C., Hyslop, JJ., Ross, D., Waterhouse, A., Mick, W., Rainer, R. (2015). The rumen microbial metagenome associated with high methane production in cattle. *BMC Genomics*16(1), University of Aberdeen, Bucksburn, Aberdeen, UK. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-2032-0>
- Yang, C., Rooke, JA., Cabeza, I., Wallace, R. (2016). Nitrate and Inhibition of Ruminal Methanogenesis: Microbial Ecology, Obstacles, and Opportunities for Lowering Methane Emissions from Ruminant Livestock. *Frontiers in Microbiology*, 7. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Nanning, China. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00132>

ARTÍCULOS

ESCRITOS DE
REFLEXIÓN

Volumen 12 Número 2
Julio-Diciembre 2020

REVISTA

FAGROPEC

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA – FLORENCIA-CAQUETÁ

LA ENFERMEDAD POR CORONAVIRUS 2019 (COVID-19) EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA: UNA MIRADA DESDE LA INICIATIVA DE ONE HEALTH

*The coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the Colombian Amazon
region: a look from the One Health approach*

Escritos de Reflexión



Recibido 20 de julio de 2020
Aceptado 10 de noviembre 2020

¹Médica Veterinaria Zootecnista, Magister en Microbiología, Investigadora Junior. Semillero de Zoonosis, Grupo de Investigación BIOECOS, Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Pereira, Risaralda, Colombia.
E-mail: diana.bonilla@uam.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-9412-2556>

²Médico Cirujano, Magister en Parasitología, Diplomado en Medicina Tropical, Doctor en Salud Pública (HonDSc), Investigador Senior. Semillero de Zoonosis, Grupo de Investigación Salud Pública e Infección, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda, Colombia.
E-mail: arodriguezm@utp.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-9997-2779>

Cómo citar

Bonilla-Aldana, D. K., & Rodríguez-Morales, A. J. (2020). La enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) en la Amazonía Colombiana: una mirada desde la iniciativa de one health. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias - FAGROPEC*. Universidad de la Amazonia, Florencia-Caquetá. Volumen 12 (2), Pp. 242-249. ISSN-Revista en línea: 2539-178X

*Autor para correspondencia:
diana.bonilla@uam.edu.co



Este artículo puede compartirse bajo la
Licencia Creative Commons (CC BY 4.0).

D. Katterine Bonilla-Aldana¹
Alfonso J. Rodríguez-Morales²

RESUMEN

La actual pandemia de la enfermedad causada por el Coronavirus 2019 (COVID-19), del síndrome respiratorio agudo severo tipo 2 (SARS-CoV-2), ha generado un necesario replanteamiento de las condiciones en las cuales la especie humana se desarrolla e interactúa con los demás seres vivos; en tal sentido, dicha especie se ha visto obligada a retomar y a entender el lineamiento fundamental bajo el cual funcionan los ecosistemas, teniendo en cuenta la interacción dinámica y continua de todas sus partes, en la cual ninguna resulta prioritizada. Lo anterior supone la necesaria implementación de iniciativas como The One Health o Una Salud, las cuales buscan integrar la salud ambiental, animal y humana, para los procesos de superación efectiva de la pandemia, particularmente en zonas de mayor riesgo o zonas vulnerables, como la región amazónica colombiana y la continental.

Palabras clave

Pandemia; zoonosis; fauna silvestre; SARS-CoV-2; COVID-19.

ABSTRACT

The current pandemic of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), caused by the severe acute respiratory syndrome of a type 2 (SARS-CoV-2), has generated the necessary rethinking of the conditions in which the human species develops and interacts with other living beings. It was necessary to understand the fundamental guideline under which the ecosystems work, which consists of the dynamic and continuous interaction of all its parts, where none of them is prioritized. This implies the necessary implementation of such initiatives as The One Health, which seek to integrate environmental, animal and human health, for the effective pandemic overcoming processes. They are especially important in the areas of greatest risk or vulnerable areas, such as the Colombian and continental Amazon region.

Key words

Pandemic; zoonosis; wildlife; SARS-CoV-2; COVID-19.

INTRODUCCIÓN

Dada la relativamente rápida expansión que a nivel mundial ha tenido la enfermedad causada por el Coronavirus 2019 (COVID-19), cuyo agente etiológico es el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo tipo 2 (SARS-CoV-2), aquella debió ser declarada como pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con la implicaciones que esto supone (Rodríguez-Morales et al., 2020; Cimerman et al., 2020) (D.K. Bonilla-Aldana, Dhama, y Rodríguez-Morales, 2020; Cimerman, Chebabo, Cunha, y Rodríguez-Morales, 2020; Rodríguez-Morales AJ et al., 2020).

El SARS-CoV-2 es en esencia un virus de tipo zoonótico, aparentemente proveniente de murciélagos y de otros hospederos intermediarios que pueden estar involucrados como una variedad de armadillos reconocida como el pangolín e incluso de algunas especies de serpientes (Dhama et al., 2020). Las múltiples especies animales involucradas, muchas de ellas aún en proceso de caracterización, permiten suponer que la patología presenta una mayor probabilidad de éxito en zonas de mayor interacción humano-animal (Ahmad et al., 2020; D.K. Bonilla-Aldana et al., 2020; Rodríguez-Morales, Dhama, Sharun, Tiwari, y Bonilla-Aldana, 2020; Tiwari et al., 2020).

Desarrollo del tema

Originalmente emergida en Wuhan, China, la enfermedad se extendió en corto tiempo en el resto del país, para luego migrar, junto con el tráfico poblacional, a otras naciones de Asia, de Europa y de Norte América, especialmente en Estados Unidos, para luego extenderse también hasta África y hasta América Latina (D. Katterine Bonilla-Aldana, Villamil-Gómez, Rabaan, y Rodríguez-Morales, 2020; Cimerman et al., 2020; Rodríguez-Morales, Gallego, et al., 2020; Sánchez-Duque, Arce-Villalobos, y Rodríguez-Morales, 2020; Zambrano et al., 2020).

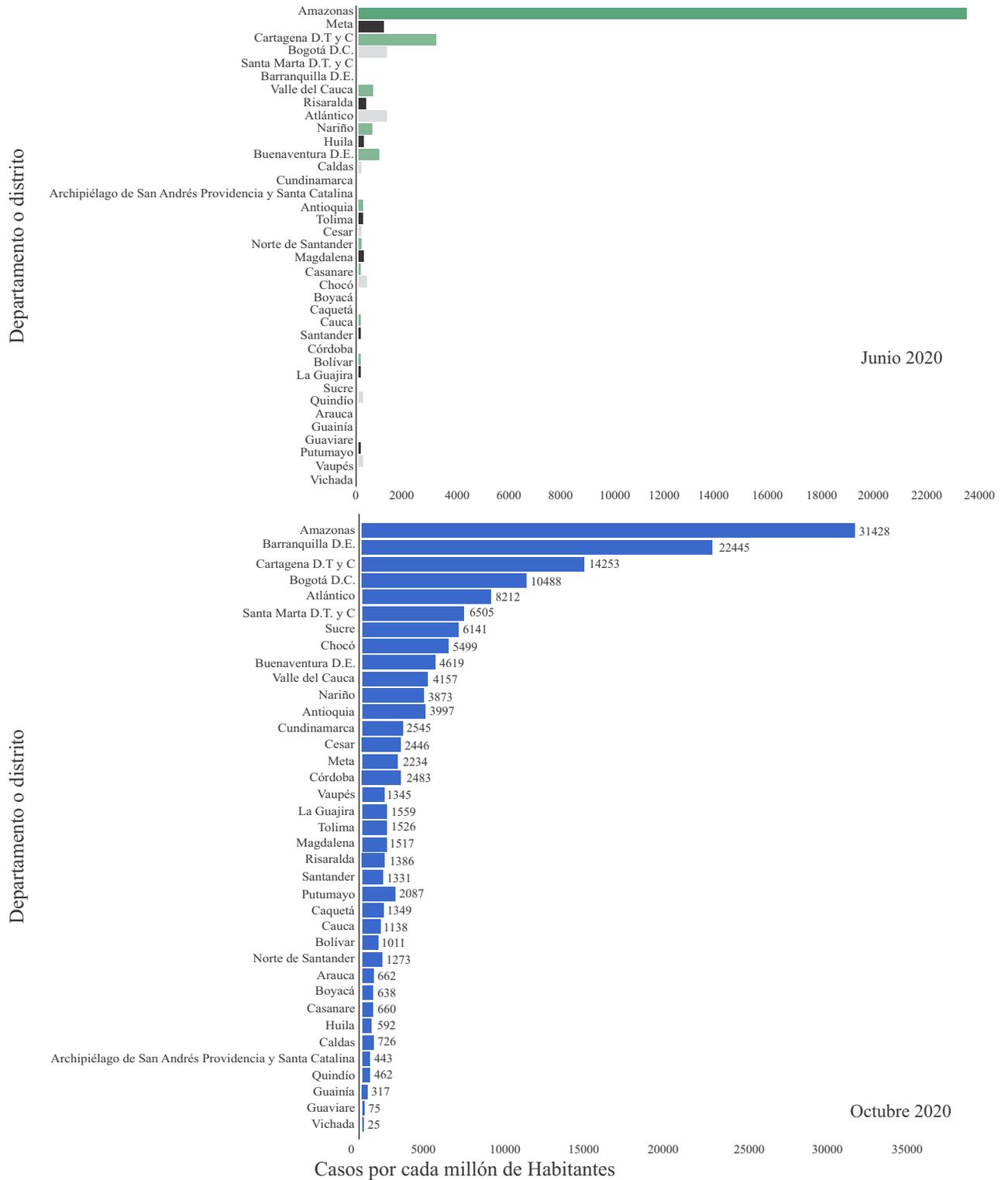
En América Latina, el primer caso reportado de la enfermedad se registró el 25 de febrero de 2020 en Brasil, en un paciente procedente de Italia; situación similar aconteció en los demás países del continente como producto de la migración humana (Millan-Onate et al., 2020; Escalera-Antezana et al., 2020) (Diaz-Guio et al., 2020; Escalera-Antezana et al., 2020; Millan-Onate et al., 2020). Para el 30 de mayo de 2020, Colombia ya contaba con más de 26 mil casos y 853 fallecidos (INS(a), 2020; INS(b), 2020). El primer caso reportado se presentó en Bogotá, la capital del país, seguido de un caso reportado en Buga, Valle del Cauca; luego de esto la enfermedad se extendió rápidamente por el territorio nacional, afectando a los habitantes de sus 32 departamentos (Millan-Onate et al., 2020).

De manera lamentable, uno de los departamentos más afectados en Colombia por dicha enfermedad fue el del Amazonas, el cual, para inicios de junio de 2020, reportaba 1.799 casos, cifra que a esa fecha representaba un 6,74% del total de casos nacionales, con una tasa de incidencia de 22.561 casos por millón de habitantes, es decir de 2.256,1 casos/100.000 habitantes (2,25 casos por cada 100 habitantes), lo cual lo posicionaba como el primer departamento del país en incidencia para la fecha antes indicada (INS, 2020). Para el mes de octubre del 2020 alcanzó 2.878 casos, representando el 0,29% del total de casos nacionales, con una tasa de incidencia de 31.428 casos por millón, es decir, de 3.142,8 casos/100.000 habitantes (3,14 casos por cada 100 habitantes), razón por la cual, para la fecha indicada, dicho departamento seguía estando posicionando como el primer departamento del país en incidencia.

Así mismo, los datos de junio 2020 indicaban una tasa de 20,39 veces mayor incidencia en este departamento que en Bogotá, la capital del país, la cual presentaba una incidencia de 1.106 casos por millón de habitantes (110,6 casos/100.000 habitantes o 0,11 casos por cada 100 habitantes); para octubre 2020 hubo una reducción a una tasa 2,99 veces mayor, dado que Bogotá se ubicó en 10.488 casos por millón de habitantes (1.048,8 casos/100.000 habitantes o 1,05 casos por cada 100 habitantes) (Figura 1).

Figura 1.

Tasa de incidencia por COVID-19 en departamentos o distritos de Colombia en junio de 2020 y octubre de 2020(INS, 2020).



Fuente: Instituto Nacional de Salud (INS, 2020).

Adicional a la problemática producida por la presencia de la enfermedad en el territorio, el departamento del Amazonas, y principalmente su capital, Leticia, presentan una gran vulnerabilidad social, la cual se evidencia, entre otras cosas, en una tasa muy elevada de pobreza multidimensional, la cual incluso se halla por encima del 50% (Figura 2).

Aunado a lo anterior, existe allí una proporción considerable de población que se encuentra en riesgo de ser altamente vulnerable a la pandemia debido a su edad (sujetos mayores de 60 años (Figura 3), además de tener un número limitado de centros médicos para atender a la población. (Figura 4).

Siguiendo esta línea, también la ubicación geográfica del departamento complejiza aún más la situación, por encontrarse este en una triple frontera con Brasil y Perú, lo cual facilita la migración de personas, además de contar con población indígena dispersa en los tres territorios, asentada principalmente en zonas urbanas. Junto con los departamentos del Guainía, del Guaviare y del Vichada, el departamento del Amazonas es uno de los cuatro departamentos de Colombia huérfanos de Unidades de Cuidado Intensivo (UCI), lo que imposibilita la atención de pacientes críticos, que para los casos de COVID-19, pueden llegar a ser de entre 10 al 30% de los infectados (Rodríguez-Morales, Cardona-Ospina, *et al.*, 2020). Así las cosas, a diferencia de muchos otros departamentos cuyo sistema de salud ha logrado mantener adecuadas tasas de sobrevivencia frente a la pandemia (Díaz-Guio *et al.*, 2020), no es esta la situación del Amazonas, ni en general la de los departamentos que conforman la Amazonía colombiana. Por el contrario, la tasa de mortalidad en el departamento del Amazonas es la más alta en todo el país hasta la fecha de este escrito y se ubica en 1.267 muertes por cada millón de habitantes para octubre 2020 (Figura 5), con una letalidad de 4,07% (mayor a la nacional de 3,1%).

A su vez, estas cifras resultan alarmantes ante la evidente devastación que la enfermedad ha ocasionado en las comunidades indígenas más frágiles de la región Pan-Amazónica, la cual incluye países como Brasil, Colombia, Perú, y probablemente también Venezuela, Ecuador, Bolivia y Paraguay, asunto que a su vez pone

Figura 2.

Pobreza multidimensional en Leticia, Amazonas, 2020 (DANE, 2020).

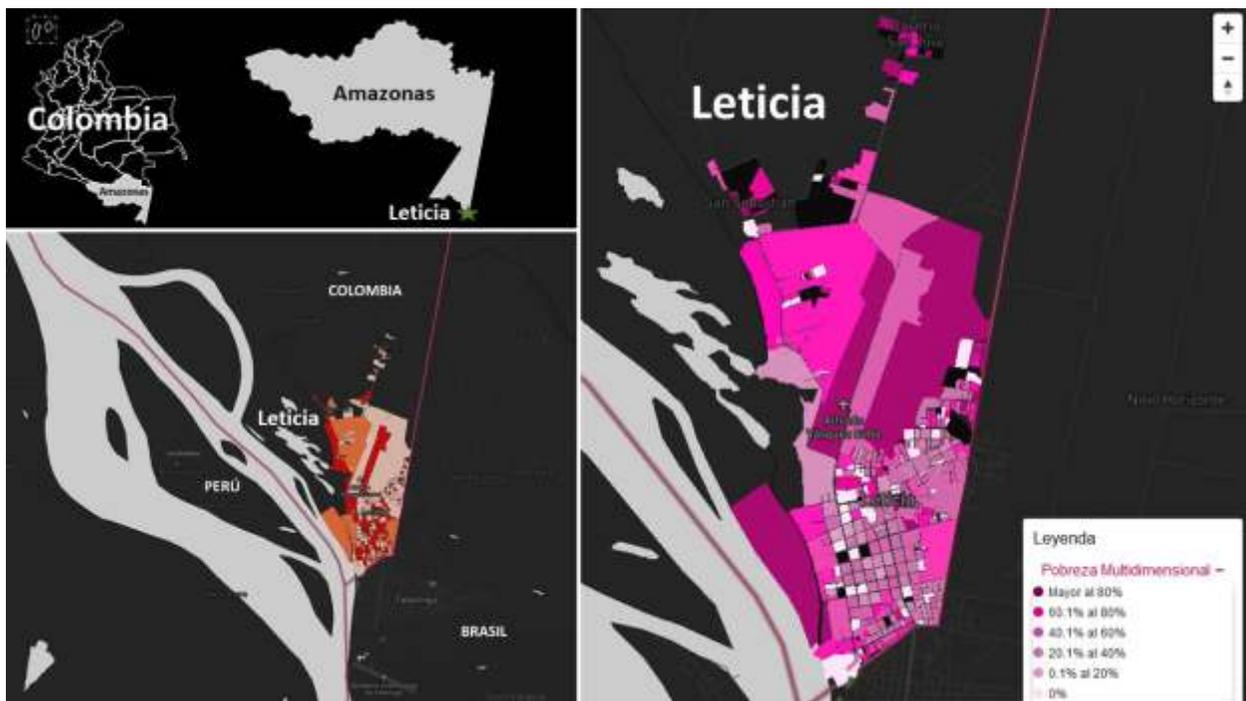


Figura 3.

Proporción de adultos mayores de 60 años por sectores en Leticia, Amazonas, 2020(DANE, 2020).

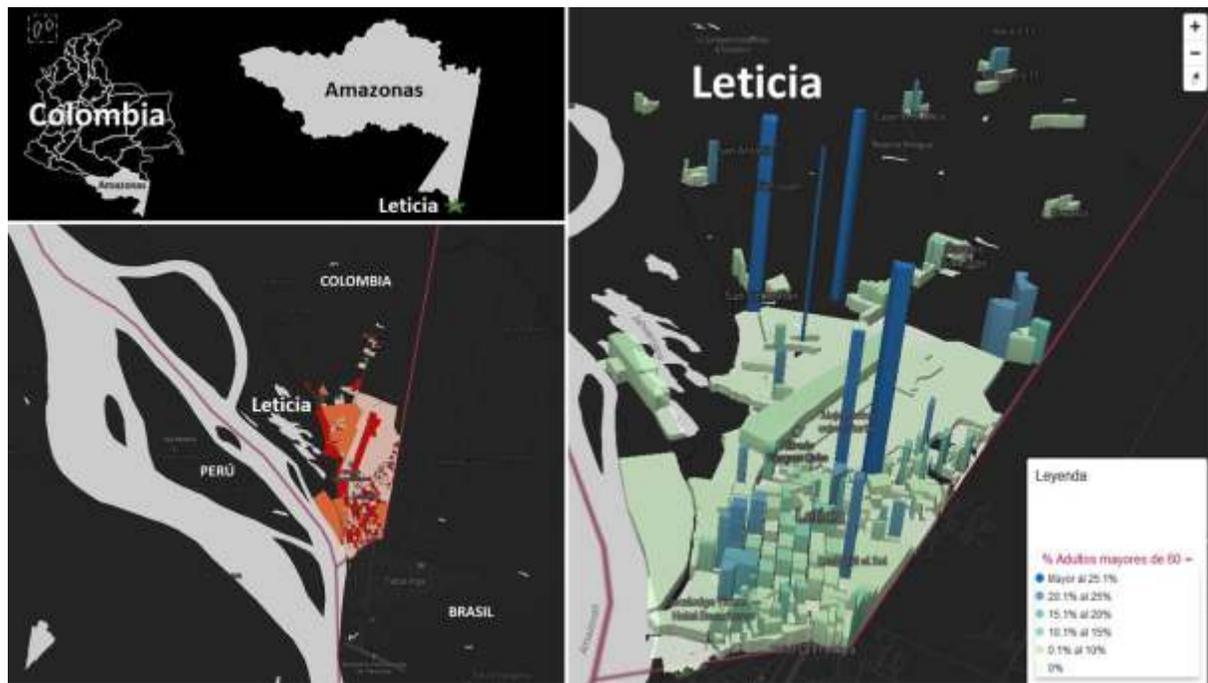


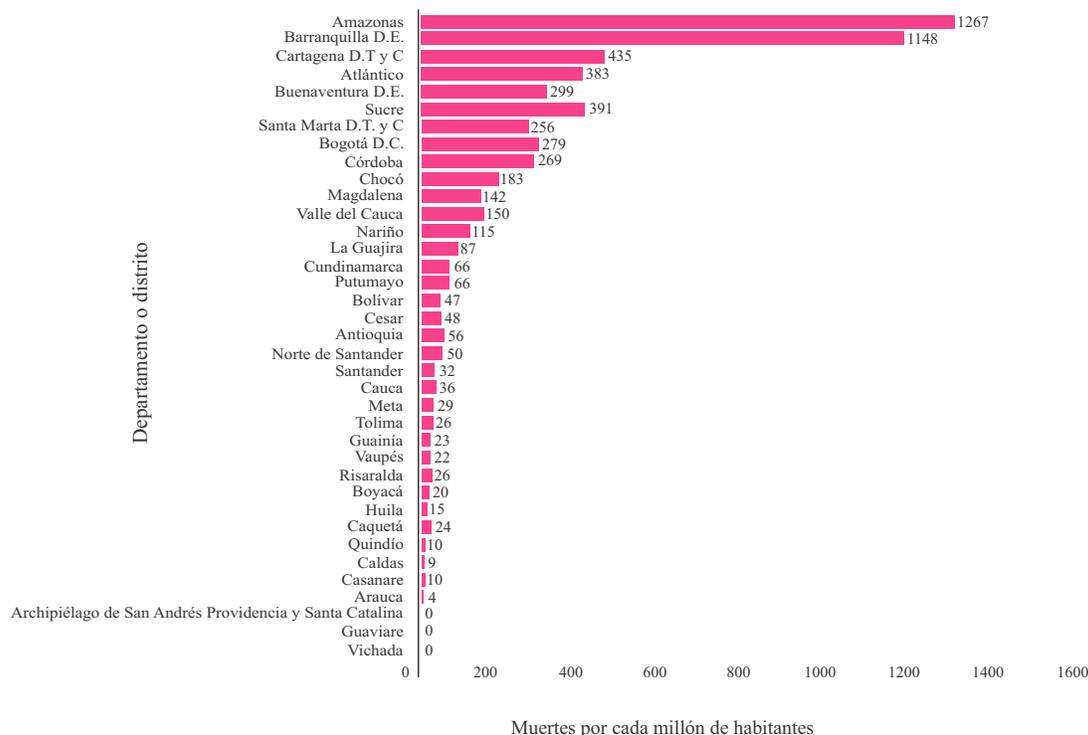
Figura 4.

Centros médicos en la cabecera municipal de Leticia, Amazonas, 2020(DANE, 2020).



Figura 5.

Tasa de mortalidad por COVID-19 en departamentos o distritos de Colombia en octubre 2020(INS, 2020).



en riesgo a culturas enteras, así como a otros diferentes grupos de la población(Kryt, 2020).

Para finalizar el presente análisis, vale la pena señalar que la región Amazónica ha sido además una zona históricamente afectada por el cambio climático, por la minería ilegal y por la deforestación, entre otros factores que han debilitado su salud ambiental y se capacidad de resiliencia (D. K. Bonilla-Aldana *et al.*, 2019), asuntos estos que además pueden incluso generar problemáticas sanitarias de tipo zoonótico de magnitudes incalculables, dada la diversidad especies de fauna silvestre que habitan en la zona y cuyos especímenes, dado el contexto anteriormente planteado, se pueden ver obligados a migrar y a interactuar con las poblaciones humanas.

CONCLUSIÓN

La llegada del COVID-19 a la Amazonía colombiana presenta un nivel de impacto que demanda una gran consciencia en todos los sectores, bien sean sanitarios y no sanitarios, bajo el objetivo del establecimiento de procesos efectivos de investigación humana, veterinaria ambiental, así como de una concientización social. Por tal razón, se considera importante tener en cuenta iniciativas como The One Health o Una Salud, dentro de los procesos que se implementen para lograr la superación efectiva de la pandemia, en tanto, a través de dichas iniciativas, se busca integrar la salud ambiental, la salud animal y la salud humana (D.K. Bonilla-Aldana *et al.*, 2020). Así mismo, el trabajo en equipos multidisciplinarios para la prevención y control de esta y de otras zoonosis virales, será clave para mitigar el impacto de las mismas y para prevenir de manera contextual y oportuna la aparición de otros tipos de patología zoonótica emergentes y reemergentes, con potencialidad para convertirse en pandemias (D. Katterine Bonilla-Aldana *et al.*, 2020; Millan-Oñate *et al.*, 2020; Rodríguez-Morales, Bonilla-Aldana, *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2020).

LITERATURA CITADA

- Ahmad, T., Khan, M., Haroon, Musa, TH., Nasir, S., Hui, J., Rodriguez-Morales, AJ. (2020). COVID-19: Zoonotic aspects. *Travel Med Infect Dis*, 101607. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101607
- Bonilla-Aldana, DK., Dhama, K., y Rodriguez-Morales, AJ. (2020). Revisiting the One Health Approach in the Context of COVID-19: A Look into the Ecology of this Emerging Disease. *Adv Anim Vet Sci*, 8(3), 234-237.
- Bonilla-Aldana, DK., Suarez, JA., Franco-Paredes, C., Vilcarrromero, S., Mattar, S., Gomez-Marin, JE., Rodriguez-Morales, AJ. (2019). Brazil burning! What is the potential impact of the Amazon wildfires on vector-borne and zoonotic emerging diseases? - A statement from an international experts meeting. *Travel Med Infect Dis*, 31, 101474. doi:10.1016/j.tmaid.2019.101474
- Bonilla-Aldana, DK., Villamil-Gómez, WE., Rabaan, AA., y Rodriguez-Morales, AJ. (2020). Una nueva zoonosis viral de preocupación global: COVID-19, enfermedad por coronavirus 2019. *Iatreia*, 33(2), 107-110. Retrieved from <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/341260>
- Cimerman, S., Chebabo, A., Cunha, CA. d., y Rodríguez-Morales, AJ. (2020). Deep impact of COVID-19 in the healthcare of Latin America: the case of Brazil. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bjid.2020.04.005>
- DANE. (2020). Visor de Vulnerabilidad del DANE. <http://visor01.dane.gov.co/visor-vulnerabilidad/>.
- Dhama, K., Khan, S., Tiwari, R., Sircar, S., Bhat, S., Malik, YS., Rodriguez-Morales, AJ. (2020). Coronavirus Disease 2019-COVID-19. *Clin Microbiol Rev*, 33(4). doi:10.1128/CMR.00028-20
- Diaz-Guio, DA., Villamil-Gomez, WE., Dajud, L., Perez-Diaz, CE., Bonilla-Aldana, DK., Mondragon-Cardona, A., . . . Rodriguez-Morales, AJ. (2020). Will the Colombian intensive care units collapse due to the COVID-19 pandemic? *Travel Med Infect Dis*, 101746. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101746
- Escalera-Antezana, JP., Lizon-Ferrufino, NF., Maldonado-Alanoca, A., Alarcon-De-la-Vega, G., Alvarado-Arnez, LE., Balderrama-Saavedra, MA., Lancovid. (2020). Clinical features of the first cases and a cluster of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Bolivia imported from Italy and Spain. *Travel Med Infect Dis*, 101653. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101653
- Instituto Nacional de Salud -INS. (2020). Coronavirus en Colombia. <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>.
- Kryt, J. (2020). Will COVID-19 Wipe Out the Tribes of the Amazon? *Daily Beast*. <https://www.thedailybeast.com/will-covid-19-wipe-out-the-tribes-of-the-amazon>.
- Millan-Onate, J., Millan, W., Mendoza, LA., Sanchez, CG., Fernandez-Suarez, H., Bonilla-Aldana, DK., y Rodriguez-Morales, AJ. (2020). Successful recovery of COVID-19 pneumonia in a patient from Colombia after receiving chloroquine and clarithromycin. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*, 19(1), 16. doi:10.1186/s12941-020-00358-y
- Millan-Oñate, J., Rodríguez-Morales, AJ., Camacho-Moreno, G., Mendoza-Ramírez, H., Rodríguez-Sabogal, IA., y Álvarez-Moreno, C. (2020). A new emerging zoonotic virus of concern: the 2019 novel Coronavirus (COVID-19). *Infectio*, 24(3), 187-192.

- Rodriguez-Morales A, Sánchez-Duque J, Hernández-Botero S, Pérez-Díaz CE, Villamil-Gómez WE, Méndez CA, Research, L. L. A. N. o. C. D.-C.-. (2020). Preparación y control de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) en América Latina. *Acta Medica Peruana*, 37(1), 3-7.
- Rodriguez-Morales, AJ., Bonilla-Aldana, DK., Balbin-Ramon, GJ., Paniz-Mondolfi, A., Rabaan, A., Sah, R., Esposito, S. (2020). History is repeating itself, a probable zoonotic spillover as a cause of an epidemic: the case of 2019 novel Coronavirus. *Infez Med*, 28(1), 3-5.
- Rodriguez-Morales, AJ., Cardona-Ospina, JA., Gutierrez-Ocampo, E., Villamizar-Pena, R., Holguin-Rivera, Y., Escalera-Antezana, J. P., . . . Latin American Network of Coronavirus Disease, C.-R. E. a. h. w. l. o. (2020). Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Travel Med Infect Dis*, 101623. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101623
- Rodriguez-Morales, AJ., Dhama, K., Sharun, K., Tiwari, R., y Bonilla-Aldana, DK. (2020). Susceptibility of felids to coronaviruses. *Vet Rec*. doi:10.1136/vr.m1671
- Rodriguez-Morales, AJ., Gallego, V., Escalera-Antezana, JP., Mendez, CA., Zambrano, LI., Franco-Paredes, C., Cimerman, S. (2020). COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. *Travel Med Infect Dis*, 101613. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101613
- Sánchez-Duque, JA., Arce-Villalobos, LR., y Rodríguez-Morales, AJ. (2020). Enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) en América Latina: papel de la atención primaria en la preparación y respuesta. *Atención Primaria*. doi:https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.001
- Singh, RK., Rani, M., Bhagavathula, AS., Sah, R., Rodriguez-Morales, AJ., Kalita, H., Kumar, P. (2020). Prediction of the COVID-19 Pandemic for the Top 15 Affected Countries: Advanced Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model. *JMIR Public Health Surveill*, 6(2), e19115. doi:10.2196/19115
- Tiwari, R., Dhama, K., Sharun, K., Iqbal Yattoo, M., Malik, YS., Singh, R., Rodriguez-Morales, AJ. (2020). COVID-19: animals, veterinary and zoonotic links. *Vet Q*, 1-22. doi:10.1080/01652176.2020.1766725
- Zambrano, LI., Fuentes-Barahona, IC., Bejarano-Torres, DA., Bustillo, C., Gonzales, G., Vallecillo-Chinchilla, G., Rodriguez-Morales, AJ. (2020). A pregnant woman with COVID-19 in Central America. *Travel Med Infect Dis*, 101639. doi:10.1016/j.tmaid.2020.101639