

ISSN-Revista en Línea: 2539-178X

DOI: 10.47847/fagropec

# FAGROPEC

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA - FLORENCIA - CAQUETA**



**Contacto:** rcagropecuarias@uniamazonia.edu.co

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

Esta publicación es apoyada por la:



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
**EDITORIAL UNIAMAZONIA**

# FAGROPEC

## REVISTA DE INVESTIGACIÓN

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

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

### PRESENTACIÓN

La Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FAGROPEC), es una publicación semestral, abierta a la difusión y discusión de trabajos en el área de la medicina veterinaria, la zootecnia, la biología, la salud pública, la epidemiología, la agronomía, la agroecología, y demás ciencias animales y agrarias, ofreciendo un espacio de discusión académico, fundamental para la formación de profesionales críticos y analíticos



### OBJETIVO DE LA REVISTA

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

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

### Áreas temáticas

Ciencias Agrarias, Ciencias Naturales y de la Conservación

Licencia Creative Commons Atribución  
4.0 Internacional (CC BY 4.0)





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

**EQUIPO**

**EDITORIAL**

**EDITOR GENERAL**

**Yury Tatiana Granja Salcedo, PhD**  
*Investigadora Asociada,*  
*Agrosavia*

**COMITÉ EDITORIAL**

**Hugo Mantilla-Meluk, Ph.D.**  
*Universidad del Quindío*  
**Santiago Henao Villegas, Ph.D.**  
*Universidad CES*  
**Juan Fernando Naranjo, Ph.D.**  
*Universidad CES*

**Francisco Alejandro Sánchez, Ph.D.**  
*Universidad de los Llanos*  
**Naudin Alejandro Hurtado Lugo, Ph.D.**  
*Universidad Francisco de Paula Santander*

**COMITÉ ARBITRAJE**

**Adriana Marcela Silva Olaya.**  
*Universidad de la Amazonia, Colombia*  
**César Villamizar Quiñones.**  
*Universidad de Pamplona*  
**Jaime Enrique Velasquez Restrepo**  
*Universidad de la Amazonia, Colombia*  
**Naudin Alejandro Hurtado Lugo**  
*Universidad Francisco de Paula Santander Sede Ocaña*  
**Diana Katterine Bonilla Aldana**  
*Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia*  
**José Alfredo Orjuela Chávez**  
*AGROSAVIA - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*  
**Gloria Elena Estrada Cely**  
*Universidad de la Amazonia, Colombia*  
**Cesar Augusto Serrano Novoa**  
*Universidad CES*

**Marco Heli Franco Valencia**  
*Universidad Nacional, Colombia*  
**Dixon Fabián Flórez Delgado**  
*Mg. Universidad de Pamplona*  
**Juan Carlos Pinilla León**  
*Universidad de Santander Sede Bucaramanga, Colombia*  
**Ángel Alberto Flórez Muñoz**  
*Universidad de Santander Sede Bucaramanga, Colombia*  
**Johann Fernando Hoyos Patiño**  
*Universidad Francisco de Paula Santander sede ocaña*  
**María Fernanda Patiño Quiroz**  
*Universidad de los Llanos*

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

**Karol Andres Suarez Castro, Esp. TIC**

**IMAGEN DE PORTADA**

*Corral*

**EQUIPO EDITORIAL**

**Beatriz Elena Patiño Quiroz**  
*Universidad de la Amazonia*  
**Julio César Blanco Rodríguez**  
*Universidad de la Amazonia*  
**Nicolas Ernesto Baldrich Romero**  
*Universidad de la Amazonia*  
**César Augusto Zapata Ortíz**  
*Universidad de la Amazonia*



# CONTENIDO

	Página
<b>Nota del Editor</b> <i>Yury Tatiana Granjas Salcedo, PhD.</i>	5
.....	
<b>ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA</b>	
<b>EVALUACIÓN NIVEL DE INCLUSIÓN DE LECHE BOVINA COMO SUSTITUTO EN LA CRIANZA DE CABRITOS</b> // <i>EVALUATION OF THE LEVEL OF INCLUSION OF BOVINE MILK AS A SUBSTITUTE IN GOAT KID REARING.</i> <i>Lizeth Yuliana Concha Chaguendo, Johann Fernando Hoyos Patiño, Daniel Antonio Hernández Villamizar</i>	6 - 21
<b>IMPACT OF SPRINKLER IRRIGATION METHOD AND MINERAL FERTILIZER ON WHEAT PLANT</b> // <i>IMPACTO DEL MÉTODO DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y FERTILIZANTE MINERAL EN LA PLANTA DE TRIGO</i> <i>Raji .A Mousa Alawadi, Ali Irfan Ilbas</i>	22 - 31
<b>DETERMINACIÓN DE LA PREVALENCIA DE LA BRUCELLA ABORTUS Y MYCOBACTERIUM BOVIS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES AMAZÓNICAS CIMAZ-MACAGUAL "CÉSAR AUGUSTO ESTRADA GONZÁLEZ" FLORENCIA, COLOMBIA</b> // <i>DETERMINATION OF THE PREVALENCE OF BRUCELLA ABORTUS AND MYCOBACTERIUM BOVIS AT THE AMAZONIAN RESEARCH CENTER CIMAZ-MACAGUAL "CÉSAR AUGUSTO ESTRADA GONZÁLEZ" FLORENCIA, COLOMBIA.</i> <i>César Augusto Zapata Ortíz, Edgar Martínez Moyano</i>	32 - 43
<b>ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN</b>	
<b>EFFECTOS DEL NAPROXENO COMO CONTAMINANTE EMERGENTE EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS</b> // <i>EFFECTS OF NAPROXEN AS AN EMERGING CONTAMINANT IN AQUATIC ECOSYSTEMS</i> <i>Juliana Alexandra Echeverry Calvache, Natalia Estefanía Meza Segura, Iván Camilo Sánchez Rojas</i>	44 - 63
<b>CAMBIEMOS PASTURAS INTRODUCIDAS POR BANCOS MIXTOS DE FORRAJE CON ESPECIES NATIVAS COMO ALTERNATIVA PARA DISMINUIR LOS GASES EFECTO INVERNADERO EN LA GANADERÍA BOVINA DEL PIEDEMONTA AMAZÓNICO COLOMBIANO</b> // <i>LET'S CHANGE INTRODUCED PASTURES FOR MIXED FORAGE BANKS WITH NATIVE SPECIES AS AN ALTERNATIVE TO REDUCE GREENHOUSE GASES IN CATTLE FARMING IN THE COLOMBIAN AMAZON FOOTHILLS</i> <i>Keli Mayerli Hoyos Samboni, Paula Andrea Rios Parra, Angie Lisbet López Leyton, Faver Álvarez Carrillo</i>	64 - 74



## NOTA DEL EDITOR

PhD. Yury Tatiana Granjas Salcedo,  
Editor General

### *“Alternativas Sostenibles para Reducir el Impacto Ambiental”*

Estimada comunidad lectora,

Es un honor presentarles en este número dos contribuciones destacadas que subrayan el papel transformador de la investigación y la reflexión en sistemas de producción animal sostenibles, adaptados a las realidades de nuestro trópico colombiano.

La primera contribución es una investigación llevada a cabo por los grupos de investigación GI@SD y GI-PAB de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Este trabajo explora el “Nivel de inclusión de leche bovina como sustituto en la crianza de cabritos” y representa un enfoque innovador para optimizar el manejo de la crianza caprina, ofreciendo alternativas económicamente viables y nutricionalmente adecuadas en sistemas ganaderos de pequeños rumiantes. Los resultados de esta investigación no solo contribuyen al mejoramiento de la eficiencia productiva de estos sistemas, sino que también fortalecen la sostenibilidad en las prácticas de manejo animal, especialmente en regiones donde los recursos son limitados.

La segunda contribución, resultado de la colaboración entre estudiantes y docentes del programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de la Amazonia y el Grupo de Investigación Takay del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Sostenible, aborda una problemática global con implicaciones locales: “Cambiamos pasturas introducidas por bancos mixtos de forraje con especies nativas como alternativa para disminuir los gases de efecto invernadero en la ganadería bovina del piedemonte amazónico colombiano”. Este artículo de reflexión destaca cómo la integración de especies forrajeras nativas puede convertirse en una herramienta estratégica para la mitigación de los impactos ambientales de la ganadería, conservando al mismo tiempo la biodiversidad y fomentando la resiliencia de los sistemas productivos en la Amazonia, una región rica pero extremadamente vulnerable.

Ambas lecturas resaltan la importancia de adoptar enfoques interdisciplinarios e innovadores para enfrentar los desafíos actuales en la producción animal en nuestro país, enriqueciendo el cuerpo de conocimiento académico y proponiendo soluciones prácticas para productores, técnicos y responsables de políticas públicas.

Es importante resaltar el impacto de este tipo de investigaciones en el futuro de la ganadería colombiana, abriendo el camino hacia prácticas más sostenibles y con un enfoque ambiental. Invito a nuestros lectores a profundizar en estas contribuciones y reflexionar sobre su aplicabilidad en sus propios contextos. Estoy convencida de que estos artículos inspirarán nuevas líneas de investigación y promoverán un diálogo continuo en busca de una producción animal más sostenible y responsable en las condiciones particulares de nuestro trópico colombiano.

Agradecemos a los autores y sus equipos de investigación por compartir sus trabajos y reflexiones, así como a nuestros revisores por garantizar la calidad científica de cada publicación. Finalmente, invito a nuestros lectores y colaboradores a seguir enriqueciendo nuestra revista con sus investigaciones, ideas y reflexiones. Su contribución es clave para avanzar en el conocimiento y la innovación en el ámbito de la producción animal sostenible y la ciencia aplicada en nuestro país.

Atentamente,



Yury Tatiana Granja Salcedo  
Editora General, Revista FAGROPEC  
Investigadora PhD asociada, Agrosavia



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## EVALUACIÓN NIVEL DE INCLUSIÓN DE LECHE BOVINA COMO SUSTITUTO EN LA CRIANZA DE CABRITOS

*Evaluation of the level of inclusion of bovine milk as a substitute in goat kid rearing.*

**Lizeth Yuliana Concha Chaguendo<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0001-8224-9747>

[lyconchac@ufpso.edu.co](mailto:lyconchac@ufpso.edu.co)

**Johann Fernando Hoyos Patiño<sup>2</sup>**

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

[jfhoyosp@ufpso.edu.co](mailto:jfhoyosp@ufpso.edu.co)

**Daniel Antonio Hernández Villamizar<sup>2</sup>**

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

[dahernandezv@ufpso.edu.co](mailto:dahernandezv@ufpso.edu.co)

<sup>1</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

<sup>2</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GI@SD y GIPAB

Fecha recepción: 15 de Mayo de 2023 / Fecha Aprobación: 30 de Mayo 2023 / Fecha Publicación: 14 de Agosto 2023

### RESUMEN

El sector caprino presenta cambios significativos en las alternativas nutricionales para la cría de cabritos durante la fase de lactancia, como la sustitución parcial de leche por materias primas más económicas, buscando obtener ganancias de peso similares, como beneficio del costo elevado de la leche de cabra para transformarla en productos lácteos mejorando la rentabilidad. Esta investigación tiene como objetivo evaluar una dieta control y dos tratamientos alternativos para analizar su efecto sobre la eficiencia productiva y viabilidad económica; evaluando la ganancia diaria de peso (GPD), medidas morfométricas (altura a la cruz, al codo y largo del tronco) y análisis de costos. La metodología aplicada fue experimental, recolectando información a través de la toma de datos en campo, estableciendo 3 tratamientos de estudio de 6 animales: T1 leche entera de cabra, T2 (50% vaca – 50% cabra), T3 leche entera de vaca, mediante SPSS con DMS con análisis de varianza (ANOVA). Los resultados, muestran una ganancia diaria de peso de 121,83 g/d, 112 g/d y 95,33 g/d respectivamente, encontrando diferencia estadística significativa ( $P < 0,05$ ) entre los grupos 1 y 3. Evidenciando la efectividad del tratamiento T2, presentando un crecimiento parecido y disminuyendo costos de lactancia en 37,5%, ahorrando 181,5 litros en el proceso. El tratamiento T2 mostró ganancias de peso similares a las observadas en los animales alimentados exclusivamente con leche de cabra T1. Se observaron mejoras significativas en el

### Cómo citar:

Concha Chaguendo, L. Y., Hernández Villamizar, D. A. & Hoyos Patiño, J. F. (2023). Evaluación nivel de inclusión de leche bovina como sustituto en la crianza de cabritos. FAGROPEC, 15 (2), ppt. 6-21. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v15n2a1>



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

---

crecimiento de T2 para las variables morfométricas evaluadas.

**Palabras claves:**

Caprinocultura nutrición y alimentación animal, producción pequeños rumiantes, crianza artificial.

**ABSTRACT**

The caprine sector undergoes significant changes in nutritional alternatives for kid rearing during the lactation phase, such as partial substitution of milk with more economical raw materials, aiming to achieve similar weight gains, leveraging the high cost of goat milk to transform it into dairy products, thereby enhancing profitability. This research aims to evaluate a control diet and two alternative treatments to analyze their impact on productive efficiency and economic viability, assessing daily weight gain (DWG), morphometric measurements (withers height, elbow height, and trunk length), and cost analysis. The applied methodology was experimental, collecting data through field data collection, establishing 3 treatment groups of 6 animals each: T1 whole goat milk, T2 (50% cow – 50% goat), T3 whole cow milk, using SPSS with DMS with analysis of variance (ANOVA). The results show a daily weight gain of 121.83 g/d, 112 g/d, and 95.33 g/d respectively, finding a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) between groups 1 and 3. Evidencing the effectiveness of treatment T2, showing similar growth and reducing lactation costs by 37.5%, saving 181.5 liters in the process. Treatment T2 exhibited weight gains comparable to those observed in animals exclusively fed goat milk T1. Significant improvements in growth were observed in T2 for the evaluated morphometric variables.

**Key words:**

Goat farming, animal nutrition and feeding, small ruminant production, artificial breeding.

---

**INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, el estudio de alternativas nutricionales para la alimentación de cabritos ha tenido un cambio importante en el desarrollo del sector caprino, debido a la aplicación de nuevas técnicas implementadas en la fase de lactancia, sustituyendo la leche de cabra por otra materia prima de menor costo, obteniendo ganancias de peso similares, aprovechando el alto costo que esta posee para transformarla en derivados lácteos y obtener mayor utilidad económica para los productores (Velásquez Carrascal, B. L., et al, 2020).

Cabe resaltar, que la cadena de caprinos se caracteriza por estar dividida principalmente en sistemas productivos de carne y leche (Patiño J. F. H., et al, 2020). Además, en los sistemas lecheros se destinan los machos de menor calidad para comercializados como abastos. Es por ello que su alimentación es importante para asegurar productos de calidad aptos para el consumo humano (García, F. M., 2018).

Por tales motivos, la alternativa nutricional es una estrategia que tiene como objetivo restringir la cantidad de leche ofrecida y hacer uso de fuentes más económicas, cuyo fin es aumentar el aprovechamiento de la materia prima con la transformación de la misma teniendo mayores ganancias económicas (Hoyos-Patiño, Hernández-Villamizar & Velás-

---

quez-Carrascal, 2021a; Alfaro, 2005).

La optimización de los procesos nutricionales en la cría de cabritos no solo reviste importancia primordial en la maximización de la rentabilidad dentro del sector caprino, sino que también desempeña un rol fundamental en el bienestar animal y la salud de los individuos (Hoyos-Patiño, et al, 2019). La adecuada alimentación durante la fase de lactancia, incluyendo la implementación de estrategias nutricionales como la sustitución parcial de la leche, puede incidir de manera significativa en el desarrollo óptimo de los cabritos, fomentando un crecimiento saludable y mitigando la prevalencia de enfermedades, este aspecto adquiere aún más relevancia en un contexto donde la sanidad animal y el bienestar se posicionan como prioridades fundamentales en la producción ganadera contemporánea (Velásquez Carrascal, B. L., et al, 2021).

El valor económico asociado a la leche de cabra es notablemente elevado en comparación con alternativas lácteas y, en algunos casos, incluso excede el valor de la leche de vaca (Murillo-Amador, B., et al, 2015). No obstante, la comercialización de la leche cruda de cabra permanece relativamente limitada en el mercado, esta situación influye directamente en la estrategia de producción lechera implementada en las explotaciones caprinas, la cual está intrínsecamente vinculada a la demanda de productos derivados específicos de la leche caprina (Arévalo, S., 2011; García. 1993).

Especificando, que la producción de leche de cualquier mamífero se compone de los nutrientes requeridos por sus crías para su óptimo desarrollo y manutención con el fin de desempeñar un papel importante en la fase de lactancia de los individuos (Hoyos-Patiño, Hernández-Villamizar & Velásquez-Carrascal, 2021b; Argüello Henríquez, 2000).

Teniendo en cuenta la situación actual de la producción caprina, se crea la necesidad de estudiar nuevas alternativas nutricionales de producción que están siendo implementadas por los pequeños productores para mejorar las técnicas tradicionales con la finalidad de aumentar la utilidad económica (Velásquez Carrascal, B. L., et al, 2020; Vargas, 2003).

La presente investigación tuvo como propósito comparar diferentes dietas líquidas aplicadas a cabritos del proyecto caprino de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO), evaluando variables de interés productivo y a su vez, que aseguren una tasa de crecimiento adecuada.

## **METODOLOGIA**

Para el desarrollo del presente artículo, la metodología aplicada en la investigación fue de tipo experimental y comparativa, apoyando a la línea de investigación y la utilización de nuevas tecnologías aplicadas en el área agrícola, comparando diferentes dietas líquidas aplicadas a cabritos del proyecto caprino de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, evaluando variables de interés productivo (Barrientos Monsalve, Velásquez-Carrascal & Hoyos-Patiño, 2021).

---

Según Angulo (2012), se utiliza la medición de las variables mediante métodos estadísticos para determinar la diferencia entre tratamientos y establecer conclusiones. Por otra parte, la estadística inferencial univariada investiga a una población y estima las particularidades del objeto de estudio partiendo de una muestra tomada (Barrientos-Monsalve, Sotelo-Barrios & Hoyos-Patiño, 2023). Como población, el proyecto caprino cuenta con: cinco machos reproductores, dos crías, 24 cabritos en crecimiento, once hembras en crecimiento y 58 hembras de vientre de las cuales 22 están en etapa de lactancia, en la muestra se encuentra formado por 18 cabritos en etapa de cría.

## **Recolección de la información**

La recolección de la información se realizó a través de la toma de datos de campo, observación directa de mediciones corporales, peso de los cabritos y análisis de la composición química de la leche en el laboratorio de lácteos tres veces por semana. Se utilizaron 18 cabritos machos, 15 de ellos corresponden a la raza Saanen y 3 de raza Toggenburg (uno en cada tratamiento para evitar el sesgo en el resultado), alojados en un corral, con bebederos y comederos limpios.

Se realizó una distribución aleatoria para los tres tratamientos, (T1) conformado por 6 animales fue alimentado con leche entera de cabra; El grupo 2 (T2) conformado por 6 animales fue alimentado con sustitución parcial (50% vaca – 50% cabra) y el grupo 3 (T3) conformado por 6 animales fue alimentado con leche entera de vaca. En una base de madera con capacidad para siete teteros ubicada fuera del corral, se proporcionó la alimentación correspondiente a cada grupo de cabritos.

T1 leche entera de cabra, T2 (50% vaca – 50% cabra), T3 leche entera de vaca

Las dos primeras semanas se realizó un acostumbramiento para el T2 y T3 ofreciendo una proporción ascendente de leche entera de vaca hasta un máximo de 100% y 50% de inclusión respectivamente y la totalidad de los grupos consumieron hasta 1.000 ml por animal, método de (Quintana, 2018).

La cantidad de alimento líquido ofrecido por día se dividió en dos tomas de 500 ml cada una, la primera a las 8:00 am y la segunda a las 4:00 pm guiado por la técnica aplicada de (García C., 1993). A partir de la tercera semana se ofreció alimentos sólidos, forraje de maíz y concentrado comercial en comedero descrito por (Martínez & Suárez, 2019). Posteriormente, se registró consumo teniendo en cuenta la diferencia del alimento ofrecido con lo rechazado.

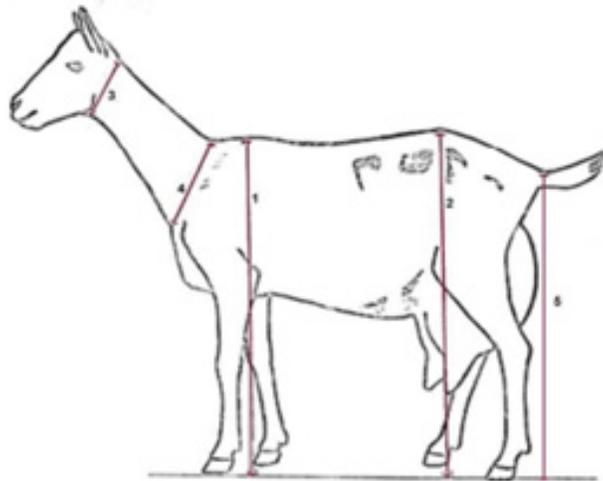
Semanalmente, se registró pesaje de los cabritos en ayunas utilizando balanza romana, tomando como referencia el modelo de (Alfaro, 2005) y con una forcípula de madera se tomaron las medidas morfo-estructurales a las 2:00 pm, teniendo en cuenta la metodología de (Vera & Ricarte, 2010) descrita a continuación:

- Alzada de la cruz (AC): Se apoya la base al suelo permitiendo el descenso del brazo móvil hasta que toque ligeramente en la parte más alta de la cruz del animal. Seguido

a esto, se procede a tomar la medida señalada en la regla graduada (figura N° 1).

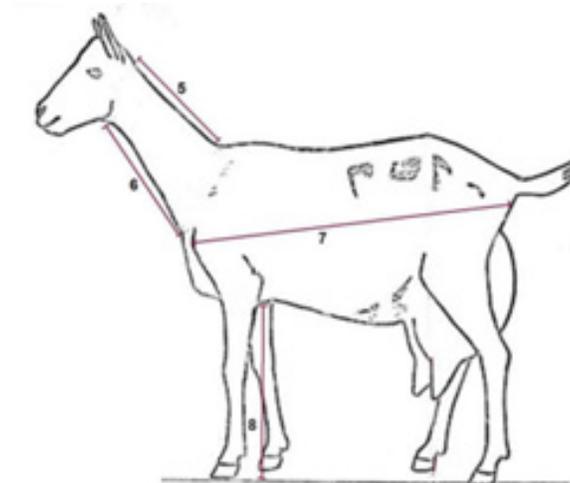
- Altura al hueso retroesternal o altura al codo (AHR): Es la distancia de la base sólida del esternón al suelo, siguiendo la línea de la medición anterior (figura N° 2).
- Longitud del tronco (LT): Es la distancia existente entre la punta del hombro hasta la punta del isquion. (figura N° 2).

**Figura 1.**



Medidas morfoestructurales tomadas en tronco y cuello (Alzada de la cruz, Alzada de la grupa, Alzada al nacimiento de la cola, Ancho de la base del cuello y ancho distal del cuello). Fuente: (Vera & Ricarte, 2010)

**Figura 2.**



Medidas morfoestructurales tomadas en tronco y cuello (Longitud superior, Longitud inferior, Altura al hueso retroesternal y longitud del tronco). Fuente: (Vera & Ricarte, 2010).

Los resultados se analizaron empleando el paquete estadístico SPSS versión 23 y se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. A su vez, las diferencias entre medias se analizaron usando ANOVA y la prueba Post Hoc, DMS de Fisher. Con p-valor de  $p \leq 0,05$ , considerado establecer si existe diferencia estadísticamente significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la composición química de los tres tratamientos aplicados (Tabla 1) demuestra que el grupo (T2) su sustitución parcial (50% leche de cabra – 50% leche de vaca) posee características químicas similares con la leche de cabra (con excepción de la lactosa) y la leche de vaca (con excepción de la proteína). Sin embargo, existen diferencias estadísticas significativas entre la leche de cabra y la leche de vaca.

**Tabla 1**  
**Composición química de la leche de cabra, combinada y de vaca**

	T1	T2	T3	P valor
<b>Grasa</b>	4,73a	5,03ab	5,23b	0,113
<b>SNF</b>	9,17a	8,50ab	8,29b	0,111
<b>Densidad</b>	27,92a	27,30ab	26,44b	0,052
<b>Proteína</b>	3,27a	3,16a	3,01b	0
<b>Lactosa</b>	4,82a	4,61b	4,49b	0,002

\*T1: Leche de cabra; T2: Sustitución parcial; T3: Leche de vaca. Fuente: Autor

### Curva de crecimiento

Los animales evaluados no presentaron diferencias estadísticas significativas en el peso (Tabla 3) tomado en la fase inicial de acostumbramiento con un promedio de 3,7 kg, ni en los pesos al iniciar la fase experimental con un promedio de 5,35 kg. Sin embargo, en el peso final y en la diferencia total de peso en kilogramos obtenidos, indica que existe diferencia estadística significativa entre el tratamiento T1 y T3.

Teniendo en cuenta que el consumo de leche para cada tratamiento fue de 1000 ml, los resultados en la (Tabla 2) muestran que la ganancia diaria de peso fue mayor en el grupo T1 (121,83 g/d) seguida del grupo T2 (112,00 g/d) y por último el grupo T3 (95,33 g/d), encontrando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los grupos T1 y T3 reportando una similitud con (Velázquez, 2010) donde animales de la misma raza de éste estudio fueron alimentados con T1: Leche de cabra, T2: Sustituto comercial y T3: Sustituto de semilla de girasol y harina de soya observando ganancias diarias de peso de 128 g/d, 109 g/d y 99 g/d, respectivamente, consumiendo en promedio 920 ml de alimentación líquida.

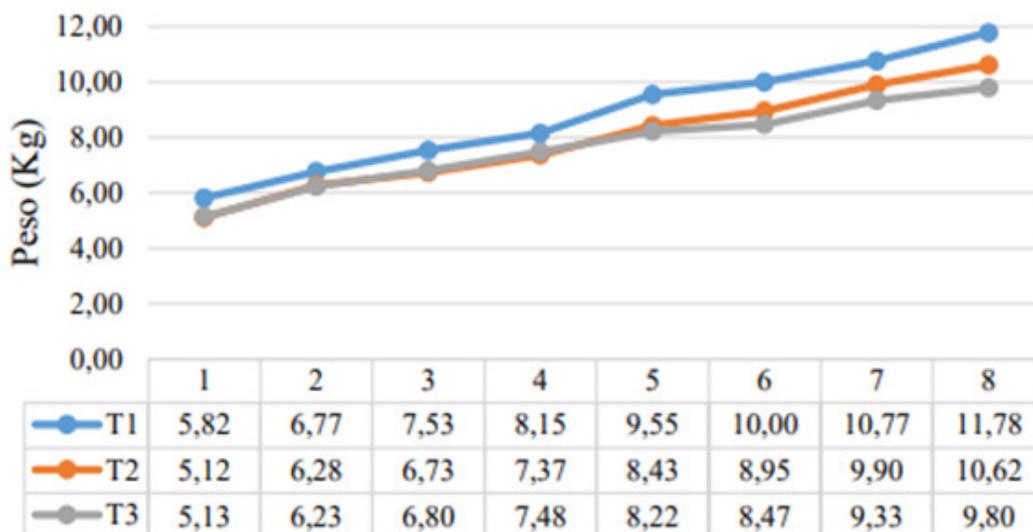
Además, difiere con el trabajo realizado por (Salas, 2018) donde los animales fueron alimentados con leche de cabra, sustituto lácteo y sustituto lácteo con prebióticos en cantidad promedio de 1,6 ml/día, obteniendo ganancias de 144,6g/d, 112,8 g/d y 112,4 g, respectivamente y se puede deducir que la diferencia de peso se debe a la cantidad de alimento líquido ofrecido.

**Tabla 2**  
**Crecimiento en peso de los cabritos**

Tratamientos	P.i(Kg)	P.i.exp (Kg)	Pf (Kg)	Ganancia diaria de peso (g/d)	Ganancia de peso total (Kg)
T1	3,833 ± 0,539 a	5,816 ± 0,765 a	11,78 ± 1,355 a	121,83 ± 17,081 a	5,96 ± 0,828 a
T2	3,533 ± 0,301 a	5,116 ± 0,801 a	10,61 ± 0,673 ab	112,00 ± 9,465 ab	5,50 ± 0,473 ab
T3	3,700 ± 0,544 a	5,133 ± 0,492 a	9,8 ± 1,19 b	95,33 ± 22,642b	4,66 ± 1,105 b
<i>p-valor</i>	0,561	0,176	0,24	0,05	0,51

Nota. \*T1: Leche de cabra; T2: 50:50; T3: Leche de vaca. P.i: Peso inicial; P.i.exp: Peso inicial experimental; Pf: Peso final. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05  
Fuente: Autor

**Figura 3**  
**Curva de crecimiento de los tratamientos por semanas.**



Al iniciar la fase experimental, el peso de los cabritos no presenta variabilidad (Figura 3) y se presentó un crecimiento uniforme entre tratamientos hasta la semana tres, donde el tratamiento T1 control tuvo un incremento superior sobre los demás. Además, el peso promedio obtenido de los animales del T3 fue similar que los animales del T2 hasta la semana cinco, reflejado en un mejor resultado al final del experimento.

Los pesos finales obtenidos a los 56 días promedian 11,78 kg, 10,62 kg y 9,8 kg para los grupos T1, T2 y T3 respectivamente, siendo diferentes a lo reportado por (Salas, 2018) con pesos finales de 8,055 kg, 7,381 kg y 7,727 kg en un periodo de 30 días. Sin embargo, contrastado con (Velázquez, 2010) donde los cabritos alimentados con leche de cabra alcanzaron 9 kg a diferencia de los alimentados con sustituto comercial y leche formulada que presentaron 8,5 kg promedio en 49 días.

Además, se obtuvieron mejores resultados en el trabajo realizado contrastado con lo reportado por Meneses R., et al., (2001), utilizando leche de cabra, sustituto comercial para terneros y sustituto comercial para cabritos, reportando que los animales alimentados con leche de cabra, obtuvieron 10 kg a los 63 días de edad con diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) al ser comparado con los otros grupos (88 y 78 días para T2 y T3, respectivamente).

### Evaluación de la morfométrica

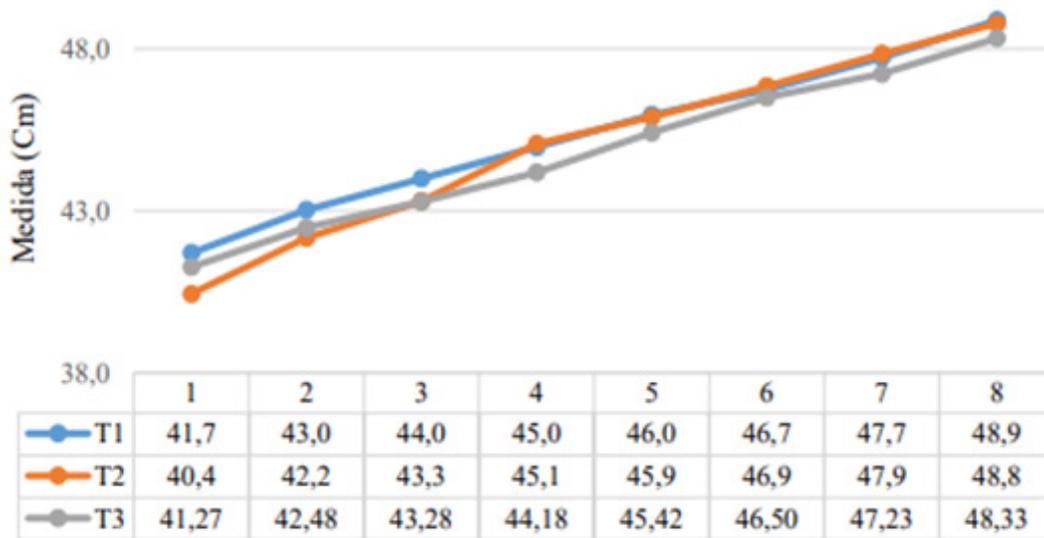
Para la variable de altura a la cruz (AC) (Tabla 3), en la siguiente tabla no se encontraron diferencias estadísticas significativas tanto en la medida inicial como en la medida final. Cabe resaltar que, en la ganancia semanal y total, se obtuvieron mejores resultados en los cabritos pertenecientes al grupo T2, seguido por el grupo T1 y T3, presentando diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,080$ ) entre el grupo T2 y T3.

**Tabla 3**  
**Variable morfométrica de altura a la cruz**

Tratamiento*	Medida Inicial	Medida Final	GDMt	Ganancia Semanal (cm)
T1	41,70±2,17 a	48,88±2,74 a	7,18±1,177 ab	1,0267±0,16476 ab
T2	40,43±2,47 A	48,78±2,09 a	8,35±1,054 a	1,1917±0,15171 a
T3	41,26±1,78 a	48,33±1,32 a	7,06±0,725 b	1,0100±0,10198 b
<b>p-valor</b>	0,598	0,882	0,08	0,08

Nota. \*T1: Leche de cabra; T2: Sustitución parcial; T3: Leche de vaca; GDMt: Ganancia de medida total en la fase experimental. Valores expresados en centímetros. Fuente: Autor

**Figura 4**  
**Medidas morfométricas de altura a la cruz (AC)**



En la figura 4 se observa las medidas finales para la variable de altura a la cruz que corresponden a 48,9 cm, 48,8 cm y 48,33cm para los grupos T1, T2 y T3 respectivamente, teniendo mejores resultados que lo reportado por Cuéllar, C. D. G. (2020), donde los cabritos de raza Angora alimentados ad libitum por 1 h hasta la semana 7 y restringido hasta la semana 10, siendo distribuidos en dos dietas 1 2 3 4 5 6 7 8 T1 41,7 43,0 44,0 45,0 46,0 46,7 47,7 48,9 T2 40,4 42,2 43,3 45,1 45,9 46,9 47,9 48,8 T3 41,27 42,48 43,28 44,18 45,42 46,50 47,23 48,33 38,0 43,0 48,0 Medida (Cm) Altura a la cruz (T1: Leche de cabra y T2: Sustituto de leche acidificado) obtuvieron 46 y 42 cm, respectivamente con diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,01$ ).

Además, difiere con Galotta (2019) donde animales de raza Anglo Nubiana fueron alimentados de manera individual con dos dietas (T1: Leche en polvo vacuna y T2: Leche en polvo vacuna con butirato de Calcio) y obtuvieron como medida final 50,25cm y 48,67 cm, respectivamente.

#### **Altura al hueso retroesternal o altura al codo (AHR)**

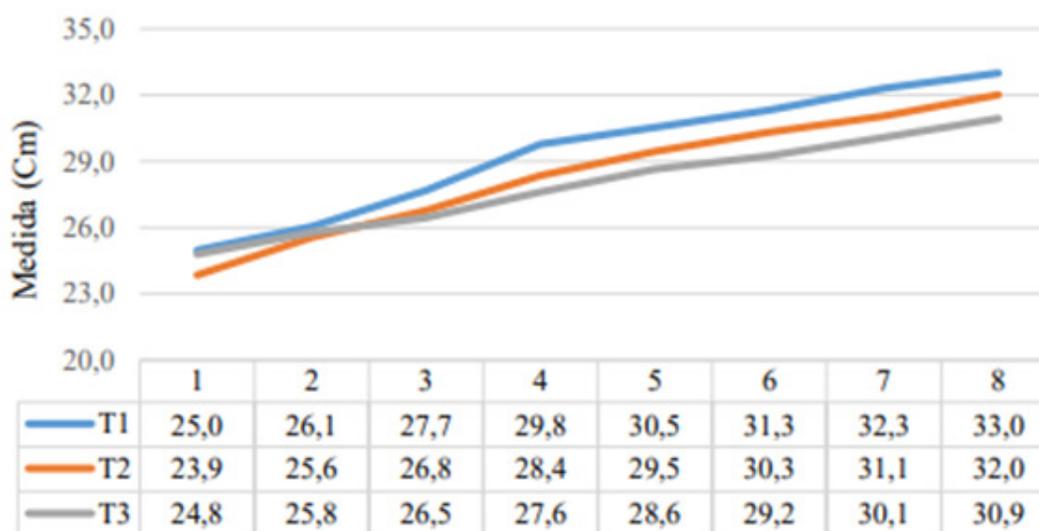
Para la variable de altura al codo (Tabla 4) se presentaron valores similares en la medida inicial a comparación de la medida final donde se obtuvo una diferencia estadística significativa ( $P < 0,049$ ) entre el grupo T1 y el grupo T3. Pese a que los animales del grupo T1 obtuvieron mayor medida final que los del grupo T2 (32,983 cm vs 32,00cm, respectivamente), es importante mencionar que la medida que define los mejores resultados entre tratamientos, es la diferencia en la ganancia total durante el experimento y en este caso corresponde a los animales del grupo T2.

**Tabla 4**  
**Altura al hueso retroesternal o altura al codo (AHR)**

Tratamiento*	Medida Inicial	Medida Final	GDMt	Ganancia Semanal
T1	24,966±0,752 a	32,989±1,182 a	8,016±1,112 a	1,1450±0,15959 b
T2	23,850±2,117 a	32,000±1,299 ab	8,150±1,395 a	1,1650±0,20017 a
T3	24,783±0,470 a	30,933±1,423 b	6,150±1,134 b	0,8783±0,16055 b
<b>p-valor</b>	0,322	0,049	0,021	0,021

\*T1: Leche de cabra; T2: Sustitución parcial; T3: Leche de vaca; GDMt: Ganancia de medida total en la fase experimental. Valores expresados en centímetros.

**Figura 5**  
**Medidas morfométricas de altura al codo.**  
**Largo del tronco**



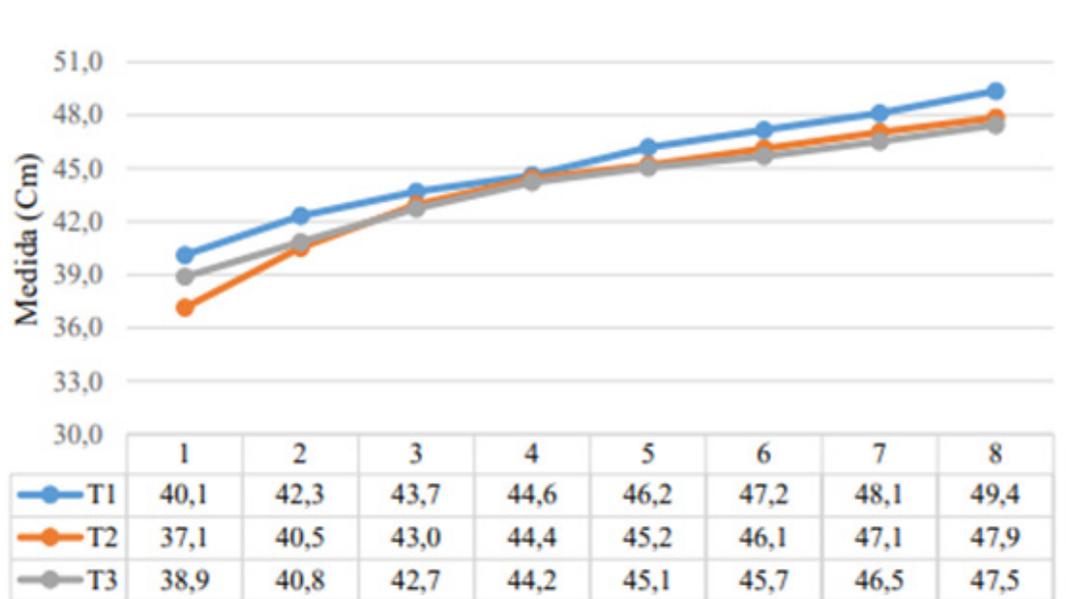
En la variable de largo del tronco del animal (Tabla 5) los animales con mayor medida inicial fueron los del grupo T1 (40,10cm) seguido del grupo T3 (38,88) y por último el grupo T2 (37,13cm) con diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,06$ ) entre T1 y T2. A pesar que la mejor ganancia de medida se obtuvo de los animales alimentados con sustitución parcial, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ellas ni en sus medidas finales.

**Tabla 5**  
**Variable morfométrica de largo del tronco ()**

Tratamiento*	Medida Inicial	Medida Final	GDMt	Ganancia Semanal
T1	40,10±2,24 a	49,36±2,80 a	9,26±2,56 a	1,3250±0,36670 a
T2	37,13±1,78 b	47,86±1,12 a	10,73±1,62 a	1,5333±1,22987 a
T3	38,88±1,87 ab	47,45±1,51 a	8,56±1,55 a	1,2233±0,22142 a
p-valor	0,06	0,234	0,185	0,183

\*T1: Leche de cabra; T2: Sustitución parcial; T3: Leche de vaca; GDMt: Ganancia de medida total en la fase experimental. Valores expresados en centímetros.

**Figura 6**  
**Medidas morfométricas del largo del tronco**



Las medidas finales obtenidas en esta variable (49,4 cm, 47,9 cm y 47,5cm respectivamente para cada tratamiento) son superiores contrastado con el trabajo realizado por Galotta (2019) la cual obtuvieron 43,75cm y T2: 43,67cm sin diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ) entre ellos.

### Viabilidad económica de las alternativas nutricionales en el proyecto caprino

Los costos por concepto de cantidad leche (Tabla 6) empleada en el tiempo total del es-

tudio (dos semanas de acostumbramiento y ocho semanas experimentales) por animal de cada grupo, indican que es más costoso producir un animal alimentado con leche de cabra debido a su alto valor en el mercado a diferencia de un animal alimentado con leche de vaca.

**Tabla 6**  
**Análisis de costos de la lactancia**

		T1 Leche de Cabra		T2 Sustitución Parcial			T3 Leche de vaca		
		LC (Lt)	Valor Total	LC (Lt)	LV (Lt)	Valor Total	LC (Lt)	LV (Lt)	Valor total
	Acostumbramiento	69	\$276.000,00	34,5	34,5	\$172.500,00	34,5	34,5	\$172.500,00
FASE	Experimental	294	\$1.176.000,00	147	147	\$735.000,00	0	294	\$294.000,00
	Total	365	\$1.452.000,00	181,5	181,5	\$907.500,00	34,5	328,5	\$466.500,00
Valor po cabrito			\$242.000,00			\$151.250,00			\$77.750,00

**Nota.** LC: Leche de cabra; LV: Leche de vaca; Lt: Litros

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las variables anteriores, es efectivo alimentar con sustitución parcial (50% leche de cabra – 50% leche de vaca) debido a que se disminuye los costos de lactancia en un 37,5%, ahorrando una cantidad de 181,5 litros estimados en \$726.000 de leche cruda, que siendo transformada incrementa este valor aumentando la rentabilidad del proyecto caprino.

### Costos de manera global

Se menciona de manera global, los costos del alimento sólido consumido por los cabritos en la etapa de lactancia. Cabe mencionar, que el objetivo de este estudio, radicó en analizar (tabla 7) los costos de la alternativa nutricional implementada debido a que esta variable es corriente.

**Tabla 7**  
**Costo global de alimentación sólida en cabritos**

ALIMENTO	KG	PRECIO (Kg)	PRECIO TOTAL
Forraje en canoa	158,55	\$ 7,00	\$ 1.109,85
Forraje en rollo	34	\$ 5,00	\$ 170,00
Concentrado	48,1	\$ 1.325,00	\$ 63.732,50
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 65.012,35</b>
Valor por cabrito			\$ 3.611,80

---

La tabla anterior describe el valor económico de la alimentación sólida suministrada a partir de la tercera semana del estudio y el valor por cabrito.

## CONCLUSIONES

La comparación de las dietas implementadas durante la fase de lactancia en el proyecto caprino desarrollado en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) ha revelado una alternativa económica viable para la cría de cabritos.

El régimen alimenticio que incluyó sustitución parcial de leche mostró ganancias de peso similares a las observadas en los animales alimentados exclusivamente con leche de cabra. Además, se observaron mejoras significativas en el crecimiento de los animales pertenecientes a este grupo experimental para las variables morfométricas evaluadas. Es importante tener en cuenta que las medidas finales podrían variar debido a diferencias en las mediciones iniciales.

Considerando los resultados de la comparación entre las dietas y el análisis del consumo de leche desde una perspectiva económica, se concluye que la alternativa nutricional que combina 50% de leche de cabra y 50% de leche de vaca es viable, permitiendo una reducción del 37,5% en los costos.

En última instancia, bajo las condiciones específicas del estudio, la sustitución parcial de la leche se presenta como la mejor opción en términos nutricionales durante la etapa de lactancia en la crianza de cabritos en el proyecto caprino de la UFPSO. Esta elección favoreció el desarrollo adecuado de los animales y mejoró la rentabilidad del proyecto al liberar aproximadamente el 50% de la producción de leche de cabra para su uso en consumo humano o en la elaboración de derivados lácteos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alfaro, S. (2005). Efecto de la utilización del suero de queso de cabra como sustituto parcial en cabritos sobre la composición y calidad de la canal. Obtenido de Tesis para obtener el título de MVZ: <http://132.248.9.34/ptb2005/01621/0347367/0347367.pdf>

Argüello Henríquez, A. (2000). Lactancia artificial en cabritos: importancia del encalostrado, crecimiento y calidad de la canal y de la carne (Doctoral dissertation). <https://bit.ly/3Z6uzpl>

Arévalo, S. (2011). La cadena cárnica ovina en Colombia y Uruguay. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3237/1/Tesis-Arevalo-Cortes-Sebastian-2011.pdf>

Barrientos Monsalve, E. J., Velásquez-Carrasca, B. L., & Hoyos-Patiño, J. F. (2021). Contemporaneidad de las corrientes del pensamiento en los paradigmas de investigación. *Aglala*, 12(S1), 163–181. Recuperado a partir de <https://revistas.curn.edu.co/index>.

Barrientos-Monsalve Ender José, Sotelo-Barrios Mauricio Enrique y Hoyos-Patiño Johann Fernando (2023). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Guía práctica para la formulación de proyectos de investigación con ejemplos en áreas de administración y diseño. Primera edición. Ocaña, Norte de Santander: Universidad Francisco de Paula Santander; Bogotá: Ecoe Ediciones, 100 páginas. ISBN 978-958-503-827-1 (impreso) -- 978-958-503-828-8 (digital) <https://n9.cl/36lba>

CUÉLLAR, C. D. G. (2020). Evaluación comparativa de la lactancia natural contra lactancia artificial sobre el comportamiento del peso vivo en cabritos de la raza Alpina Francesa en un sistema intensivo (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO) (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO). <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000804499/3/0804499.pdf>

Galotta, M. L. (2019). Evaluación de diferentes tipos de alimentación y de sus efectos ambientales en la crianza artificial de pequeños rumiantes. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/83468>

García, C. (1993). Efecto del suero de leche de cabra y vaca como sustituto parcial en cabritos en un sistema de lactancia artificial. Obtenido de <http://132.248.9.195/pmig2016/0192064/0192064.pdf>

García, F. M. (2018). La mejor alimentación para las cabras. Obtenido de Mis animales: <https://misanimales.com/la-mejor-alimentacion-las-cabras/>

Hoyos-Patiño, J. F., Hernández-Villamizar, D. A., Pallares Rincón, J., & Velásquez-Carrascal, B. L. (2019). Determinación del grado de bienestar animal en sistemas de producción caprino del municipio de Ocaña, Norte de Santander. *FAGROPEC-Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 11(1), 14-22. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/12>

Hoyos-Patiño, Johann Fernando and Hernández-Villamizar, Daniel Antonio and Velásquez-Carrascal, Blanca Liliana, Condiciones de bienestar en sistemas de producción animal (June 4, 2021a). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4182002> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4182002>

Hoyos-Patiño, J. F., Hernández-Villamizar, D. A., & Velásquez-Carrascal, B. L. (2021b). Medición del bienestar animal en el aprisco de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, usando el Protocolo Welfare Quality®. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.15649/2346030X.745>

Martínez, G., & Suárez, V. (2019). Lechería caprina: Producción, manejo, sanidad, cali-

---

dad de leche y productos. Obtenido de Secretaria de Agroindustria INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_lecheria\\_caprina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_lecheria_caprina.pdf)

Meneses R., Raúl, Pérez M., Patricio, Pittet D., Julio, Galleguillos R., Patricio, & Morales S., María Sol. (2001). ESTRATEGIA DE ALIMENTACION DURANTE LA CRIANZA DE CRIAS CAPRINAS CRIOLLAS. *Agricultura Técnica*, 61(2), 171-179. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000200007>

Murillo-Amador, B., de Jesús Medina-Córdova, N., Toyos-Vargas, E. A., Ávila-Serrano, N., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., ... & Palacios-Espinosa, A. (2015). Calidad de leche de cabra y su relación con el consumo de especies forrajeras del agostadero árido. *Revista Digital de Divulgación Científica*, 1(1), 3-14. [https://www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol1num1/1\\_CALIDAD.pdf](https://www.cibnor.gob.mx/revista-rns/pdfs/vol1num1/1_CALIDAD.pdf)

Patiño, J. F. H., Velásquez, B. L., Villamizar, D. A. H., Colorado, N. R., & Lugo, N. A. H. (2020). Caracterización del sistema de producción caprino granja experimental de la universidad francisco de paula santander sede ocaña, colombia. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 12(1), 33-44. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/29>

Quintana, O. R. (2018). Evaluación de lactoreemplazantes en el destete precoz del cabrito lechal. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8837/>

Salas, D. (2018). Efecto en el desarrollo de cabritos con la utilización de una fórmula láctea y la adición de probióticos durante la etapa de lactación. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://eprints.uanl.mx/15795/1/1080289862.pdf>

Vargas, S. (2003). Análisis y desarrollo del sistema de producción agrosilvopastoril caprino para carne en condiciones de subsistencia de Puebla, México. Obtenido de Tesis doctoral: <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/354/1320743x.pdf?se=>

Velásquez. (2010). Evaluación de lactoreemplazante para cabritos con semilla de girasol y harina de soya. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3930>

Vera, T., & Ricarte, A. (2010). Procedimiento para la caracterización zoométrica y faneróptica de las razas o biotipos raciales existentes en las majadas caprinas de la rioja. Obtenido de <https://bit.ly/3IUxALA>

Velásquez Carrascal, B. L., Hoyos Patiño, J. F., Hernández Villamizar, D. A., Sayado Velasquez, L. N., Sayago Velásquez, J. E., & Vargas Yuncosa, J. A. (2020). (DIE) - MODELO PARA EL DISEÑO DE IDEAS DE EMPRENDIMIENTO. *Revista Facultad De Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*, 12(1), 52-64. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v12n1a5>

---

Velásquez Carrascal, B. L., Sayago Velásquez, J. E., Hoyos Patiño, J. F. ., & Sayago Velásquez, L. N. (2021). ANÁLISIS DEL USO DE FITOFÁRMACOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS GASTROINTESTINAL EN LOS CAPRINOS . Revista Facultad De Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC, 13(2). <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a1>



## **IMPACT OF SPRINKLER IRRIGATION METHOD AND MINERAL FERTILIZER ON WHEAT PLANT**

*Impacto del método de riego por aspersión y fertilizante mineral en la planta de trigo*

**Raji .A Mousa Alawadi<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-0323-7957>

 [raji\\_ali\\_1961@yahoo.co.uk](mailto:raji_ali_1961@yahoo.co.uk)

**Ali Irfan Ilbas<sup>2</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0001-9640-5237>

 [iilbas@erciyes.edu.tr](mailto:iilbas@erciyes.edu.tr)

<sup>1</sup>PhD ,researcher - Agriculture ministry, Iraq – Kut

<sup>2</sup>Agriculture faculty, Crops department, Turkey- Kayseri

Fecha recepción: 15 de Mayo de 2023 / Fecha Aprobación: 30 de Mayo 2023 / Fecha Publicación: 14 de Agosto 2023

### **ABSTRACT**

Aim of the research was to know effect of the appropriate irrigation method and amount of fertilizer specified for urea fertilizer that achieves the best growth for the plant and increase its productivity while avoiding the bad impact on soil properties. The farmer believes that adding chemical fertilizers and amounts of irrigation water to field will increase production, so this is wasted and irrigation water is increased until this leads to it being one of the causes of soil salinization, which has become the most important problem. The Sprinkler irrigation showed significant differences compared to surface irrigation. The length of the spike , number of grain per spike ,1000 grains weight Number of spikes per square meter, grains weight per square meter and the harvest index, while the plant height was not significant only the study also showed that the correlation coefficient between the apparent characteristics of plants was stronger in the case of using sprinkler irrigation compared to the surface irrigation. Therefore, farmers must avoid surface irrigation because it harms the soil and increases its salinity.

**Keywords:** Sprinkler Sprayer, Irrigation Watering , Significant , Fertilizer ,Wheat

### **Cómo citar:**

Mousa Alawadi, R. A. & Ilbas Irfan, A. (2023). Impact of sprinkler irrigation method and mineral fertilizer on wheat plant.. FAGROPEC, 15 (2), ppt. 22-31. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v15n2a2>



---

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue conocer el efecto del método de riego adecuado y la cantidad de fertilizante especificada para el fertilizante de urea que logra el mejor crecimiento de la planta y aumenta su productividad evitando el mal impacto en las propiedades del suelo. El agricultor cree que añadiendo fertilizantes químicos y cantidades de agua de riego al campo aumentará la producción, por lo que esta se desperdicia y se aumenta el agua de riego hasta llegar a ser una de las causas de la salinización del suelo, que se ha convertido en el problema más importante. El riego por aspersión mostró diferencias significativas respecto al riego superficial. La longitud de la espiga, el número de granos por espiga, el peso de 1000 granos, el número de espigas por metro cuadrado, el peso de los granos por metro cuadrado y el índice de cosecha, mientras que la altura de la planta no fue significativa únicamente. El estudio también mostró que el coeficiente de correlación entre las características aparentes de las plantas era más fuerte en el caso del riego por aspersión en comparación con el riego superficial. Por tanto, los agricultores deben evitar el riego superficial porque daña el suelo y aumenta su salinidad.

### Palabras claves:

Rociador Aspersor, Riego, Importante, Fertilizante, Trigo

---

## INTRODUCTION

Wheat is the dominant crop in temperate countries being used for human food and live-stock feed. Its success depends partly on its adaptability and high yield potential ([Shewry, 2009](#)).

The farmer believes that adding chemical fertilizers and quantities of irrigation water to the field will increase production, so this is wasted and overloaded with irrigation water until this led to be one of the reasons for salinization of the soil, which has become the most important problem facing us, today as a specific constraint to agriculture, at the same time, irrigation water has become scarce and decreasing in nature, and the role comes on chemical fertilizers, it is a third determinant and a key factor in the development of produc-

tion and productivity if that we do not add it outside the required need, for this research is directed to find a suitable urea fertilizer dose in light of the use of a specific irrigation efficiency (Sprinkler irrigation) to reach the best productivity at the lowest cost while preserving the soil and chemical properties physically.

Sprinkler irrigation was superior to surface irrigation because it makes the moisture permanent in the root system and reduces the air temperature, and these results are consistent with what previous research has reached ([Mousa, and Ulas, 2022](#)).

The results also showed that the economic efficiency of the sprinkler irrigation farmers was better than the gravity irrigation farmers as the kind of wheat (IPA) which was using sprinkler irrigation a level of economic efficiency of 89% of total farms, while it achieved an economic efficiency of 64% in gravity ([Nazzal et al. 2010](#)).

The length of the Spike encourages it to contain more grains, and this is what happened with sprinkler irrigation, which increases the dry weight and the yield. Also, the increase in the number of Spikes comes from an increase in the number of branches and thus an increase in the total yield and an increase in the weight of the grain ([Hadi et al. 2016](#)).

Explained an experience in Syria was that the yield of irrigation by sprinkler was 1.78 kg /m<sup>2</sup> wheat and for barley 1.18 kg /m<sup>2</sup> while for surface irrigation it was 0.88 for wheat and 0.60 barely ([Al-Dairi., et al 2011](#)).

## MATERIALS AND METHODS

The experiment carried out on the lands of Al-Numaniya city (Mr. Habib Al-Khatib's farm) for the agricultural season [2022-2023](#) within a field to grow wheat crop (Dana) with an area of 200 dunums under the linear sprinkler irrigation system, and part of the field is subject to surface irrigation, In sandy, silt soil, , the experiment was divided into two parts, one of which was under irrigation with linear sprinkling and the second half was by surface irrigation system.

The experiment ground was plowed with disks, then adjusted by the two rates, and plowed with disks again and added to it 60 kg / dunums with 15 kg / dunums of urea, the seed rate for wheat was kg / dunum

The first irrigation was given to the two parts of the experiment by spraying and surface irrigation, the germination percentage for the experiment site under sprinkler irrigation was 80% and 70% for the surface irrigation, after 50 days, the second batch of urea fertilizer was given according to the proposed quantities, for both sections of the experiment, and the field was combated with a Ventur pesticide for thin leaves and Crane Star for broad papers in quantity.

The experiment was designed with two blocks with four treatments of urea fertilizer kg / dunum and four iterations for each treatment for both sprinkler and surface irrigation (15, 10, 5, 0)

level of nitrogen fertilization kg / dunum	Sprinkler irrigation							Surface irrigation						
	plant length cm	Spike length cm	number of spike seeds	number of spike in m2	Weight 1000 g	weight of seeds in m2	Harvest Manual%	plant length cm	Spike length cm	number of spike seeds	number of spike in m2	Weight 1000 g	weight of seeds in m2	Harvest Manual%
0	78.3	9.3	33	353	30	330	18.3	89.4	8.6	32	300	31	245	13.3
5	79.8	10.6	36	522	32	451	36,93	94.7	9.3	36	282	32	295	23.1
10	83.3	10.8	37	573	38	506	38.89	91.9	9.4	33	416	32	375	22.2
15	87.2	10.8	40	676	40	570	39.0	95.3	9.4	35	467	35	405	25.6

## RESULTS

### Plant length| cm

Surface irrigation was superior to sprinkler irrigation in terms of plant height it gave an average plant height of 92.82 cm compared to sprinkler irrigation of 82.15 cm, this result would agree with (Hussain, I., Khan M.A. and Khan E.A., 2006)

The results showed that increased nitrogen levels had significant effects on plant height.

Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	(F)
0	89.4	78.3	83.85
5	94.7	79.8	87.25
10	91.9	83.3	87.6
15	95.3	87.2	91.25
L.S.D 0.05 F * R		1.58	L.S.D 0.05 F= 1.29
Average R	92.82	82.15	L.S.D 0.05 R=0.03

### Spike length | cm

The table showed that there were significant differences in the length of the spike with the superiority of the sprinkler irrigation method over the irrigation method, where the average spike length reached 10.37 cm and 9.17 cm, respectively (i.e. a very small difference), and the least significant difference was L.S.D. 1.058. As for the interaction between the irrigation method and fertilizer doses, it was Also significantly significant, the L.S.D was 1.662

Urea fertilizer Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average (F)
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	8.6	9.3	8.95
5	9.3	10.6	9.95
10	9.4	10.8	10.1
15	9.4	10.8	10.1
L.S.D 0.05 F* R		1.66	L.S.D 0.05 F =1.05
Average R	9.1	10.3	L.S.D 0.05 R =1.30

### Number of grain per spike

The number of spike seeds, sprinkler irrigation was better ( L.S.D. 1.793), and the fertilizer interaction with irrigation was 1.601

Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average (F)
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	32	33	32.5
5	36	36	36
10	33	37	35
15	35	40	37.5
L.S.D 0.05 F* R		1.60	L.S.D 0.05 F =1.60
Average R	34	36.5	L.S.D 0.05 R =1.79

### 1000 grain weight / g

The weight of a thousand grains is one of the most important indicators of the yield components associated with the number and weight of the grains. Sprinkler irrigation was better. L.S.D 0.05 = 59.66 while surface irrigation L.S.D 0.05 = 44.19, and for fertilizer interference, 62.15

(Nicou., et al 1990) Showed that the use of modern irrigation of agricultural crops will increase the capacity of the soil by retaining water, increasing its permeability, and reducing water by surface runoff, and this will increase production in quantity..

Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average (F)
	R		
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	31	30	30.5
5	32	32	32
10	32	38	35
15	35	40	33.5
L.S.D 0.05 F * R	1.60		L.S.D 0.05 F = 1.05
Average R	32.5	35	L.S.D 0.05 R = 1.79

### Number of spikes per square meter

Although there is no difference in the average number of ears between surface irrigation and sprinkler irrigation, the latter gave a significant difference, as L.S.D 0.05 = 2.351

Dose of fertilization kg   dunum )	Irrigation method		Average (F)
	R		
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	30	31	30.5
5	32	33	32.5
10	38	34	36
15	40	36	38
L.S.D 0.05 F * R		1.19	L.S.D 0.05 F = 1.14
Average R	35	34.25	L.S.D 0.05 R = 2.35

## grains weight g| m<sup>2</sup>

Seed weight gm in m<sup>2</sup>, irrigation with spraying was superior to a rate of 456 compared to irrigation with irrigation of 328.7, and the L.S.D was 1374.3 and for the overlap was 1434.0 ... meaning the productivity of wheat with irrigation with spraying was more , this consistent with what was found (Al-Jubouri, .et al, 2014) that the production of wheat variety Aba gave an optimal production of 1039 (kg/dunum)

Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average (F)
	R		
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	244	297	270.5
5	285	451	368
10	383	506	444.5
15	403	570	486.5
L.S.D 0.05 F * R		1434.0	L.S.D 0.05 F= 1036.9
Average R	328.7	456.0	L.S.D 0.05 R=1374.3

## % The harvest index

- In the harvest index, sprinkler irrigation was superior to surface irrigation, L.S.D. was 0.524 and the difference between fertilizers was 0.467. As for the interaction between irrigation and fertilizers, there was a significant interaction with a value of 0.622.

Dose of fertilization kg   dunum	Irrigation method		Average (F)
	R		
	Surface irrigation r1	Sprinkler Irrigation r2	
0	13.3	18.3	15.8
5	23.1	36.9	30.0
10	22.2	38.8	30.5
15	25.6	39.0	32.3
L.S.D 0.05 F * R		0.62	L.S.D 0.05 F =0.46
Average R	21.0	33.3	L.S.D 0.05 R =0.52

## STATISTICAL ANALYSIS

### Simple correlation coefficient

The following table shows the simple correlation coefficient between the studied characteristics in an experiment using two types of irrigation methods (spraying - irrigation and four levels of nitrogen fertilization (0, 5, 10, 15) kg | Acres - second batch and four levels of nitrogen fertilization (0, 5, 10, 15) kg | Acres - second batch.

The correlation coefficient showed that the relationships between the apparent characteristics of wheat plants, shown in the following table, are all positive, and the difference in their strength depends on the irrigation method and the fertilizer dose of urea. The correlation coefficient was highest in irrigation with spraying, and this is consistent with the significant differences that were shown.) **6- Conclusions**

The study showed that increasing the levels of nitrogen fertilizer increased the average

Correlation coefficient value	plan length cm		Spike length cm		Number of seeds in spike		Weight 1000 seeds / g		Spike number in m2		Seeds weight in m2		Harvest guide%	
	Surface. irri	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler .irr	Surface. irr	Sprinkler irr
plan length   cm	1													
Spike length  cm	0.81	0.72	1											
Number of seeds in spike	0.93	0.95	0.66	0.85	1									
				Spike number m <sup>2</sup>	0.37	0.80	0.59	0.28	0.53					1
				Weight 1000 seeds / g	0.52	0.93	0.78	0.89	0.23	0.99	0.96			1
Seeds weight  m	0.61	0.93	0.84	0.92	0.32	0.98	0.93	0.99	0.99	0.99	0.99	1		
%Harvest guide	0.89	0.68	0.98	1	0.76	0.90	0.54	0.07	0.75	0.68	0.75	0.98	1	

plant height, the number of ears in m2, the weight of grains in m2, and the weight of 1000 grains - gm. The reason is attributed to increasing the efficiency of photosynthesis by increasing the manufactured materials, which had a positive effect and increased their weight. This means that nitrogen is the nutritional element. The first determines

the production of agricultural crops.

((Abdul Hadi, 2009) Nitrogen is the first nutrient fertilizer that wheat requires

---

It is noted that there are significant differences between the levels of nitrogen fertilizer, and there are also differences according to the irrigation method.

The sprinkler irrigation system gave the highest rate of grain yield characteristic compared to surface irrigation, and (this result is consistent with (Al-Arquazi 2010))

Straw weight increases with increased nitrogen.

Increase the number of ears by increasing the dose of nitrogen.

The number of grains per spike increases with the increase in the nitrogen dose.

## RECOMMENDATIONS

- We recommend using the sprinkler irrigation method instead of surface irrigation to treat the water shortage because of its results in increasing production quantitatively and qualitatively
- The need to use the fertilizer dose of urea 15 kg / dunum because it was the best
- Avoid using sprinkler irrigation in case of strong wind speeds greater than 15-20 km per/hour that hinder the regular distribution of water on the ground. also, the water used in irrigation is of high salinity.

## REFERENCES

Mousa, R. A., & Ulas, A. (2022). The effect of some irrigation systems and the reduction of mineral fertilizers on soil salinity and the growth and yield of wheat crop. *[Nombre de la revista o fuente]*, 146, 146–158.

Abdul Hadi, A. H. (2009). *Nitrogen, phosphate, potassium and micronutrient fertilizers in Egyptian agriculture*. Agriculture Research Center, Land, Water and Environment Research Institute, Department of Land Fertility and Plant Nutrition Research.

Alarquoise, A. L. A. (2010). The effect of different levels of urea fertilizer and superphosphate on some components of wheat yield. *Agricultural Journal of Science Diyala*.

Hussain, I., Khan, M. A., & Khan, E. A. (2006). Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. *Journal of Zhejiang University Science B*, 7(1), 70-78.

Nazzal, H. T., Mudhahi, A. A., & Faris, H. M. F. (2010). Determining the optimal area for wheat using sprinkler irrigation. *Iraqi Agricultural Sciences Journal*.

Hadi, B. H., Hassan, W. A., & Khalaf, N. S. (2016). Genetic and phenotypic changes, correlation, and path analysis of bread wheat varieties. *Al-Furat Journal of Agricultural Sciences*, 8(4).

Al-Dairi, W., Toushan, H., Badlisi, S., & Basal, A. (2011). Study the influence of some irrigation methods on the productivity of two irrigated cereals on some physiological

---

parameters in Maskane Region, Syria. *League of Arab States | Arab Center for Development*.

Nicou, R. B., Outtara, L., & Some, L. (1990). Effets des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, mil, maïs) au Burkina Faso. *Agronomie Tropicale*, 45, 43-57.

Al-Jubouri, N. N. I., & Al-Samarrai, H. T. Z. (2014). Volume economies of wheat crop using sprinkler irrigation in Salah Governorate. *Tikrit University Journal of Agricultural Sciences*, Issue 3.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN



## DETERMINACIÓN DE LA PREVALENCIA DE LA BRUCELLA ABORTUS Y MYCOBACTERIUM BOVIS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES AMAZÓNICAS CIMAZ-MACAGUAL "CÉSAR AUGUSTO ESTRADA GONZÁLEZ" FLORENCIA, COLOMBIA

*Determination of the prevalence of Brucella Abortus and Mycobacterium bovis at the Amazonian Research Center CIMAZ-MACAGUAL "César Augusto Estrada González" Florencia, Colombia.*

César Augusto Zapata Ortiz<sup>1</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-8618-8021>

 [cesaruniamazonia@gmail.com](mailto:cesaruniamazonia@gmail.com)

Edgar Martínez Moyano<sup>2</sup>

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

 [emartinez@dna.uba.a](mailto:emartinez@dna.uba.a)

<sup>1</sup>MVZ, Esp., MSc, Ph.D. Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable. Docente Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia

<sup>2</sup>MSc. Ciencias Biológicas. Becario Doctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-CONICET, Buenos Aires-Argentina

Fecha recepción: 15 de Mayo de 2023 / Fecha Aprobación: 30 de Mayo 2023 / Fecha Publicación: 14 de Agosto 2023

### RESUMEN

Se realizó la determinación de la prevalencia de la *Brucella Abortus* y *Mycobacterium bovis* en el Centro de investigaciones amazónicas CIMAZ-MACAGUAL "César Augusto Estrada González". Para este estudio se aplicaron las pruebas de tuberculosis y brucelosis en 140 y 89 animales respectivamente, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA, la prevalencia de las enfermedades se midió de acuerdo con los reportes encontrados. De los 89 animales que se les aplicó la prueba de brucelosis 3 dieron positivos, los cuales se procedieron a ser sacados del lugar, mientras que la prevalencia de tuberculosis el resultado fue de 0%, por ende, se infiere que es un predio libre de dicha enfermedad. En este sentido, pese a que los resultados de prevalencia son nulos para tuberculosis, se debe seguir haciendo estricta vigilancia y revisión de los animales debido a la presencia de brucelosis en el lugar.

### Palabras claves:

*Brucella abortus*, bovinos, vigilancia epidemiológica, prevalencia, tuberculosis.

### Cómo citar:

Zapata Ortiz, C. A. & Martínez Moyana, E. (2023). *Determinación de la prevalencia de la brucella abortus y mycobacterium bovis en el centro de investigaciones amazónicas CIMAZ-MACAGUAL, César Augusto Estrada González, Florencia, Colombia*. FAGROPEC, 15 (2), ppt. 32-43. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v15n2a3>



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

---

## ABSTRACT

The prevalence of *Brucella Abortus* and *Mycobacterium bovis* was determined at the Amazonian Research Center CIMAZ-MACAGUAL- "César Augusto Estrada González". For this study, tuberculosis and brucellosis tests were applied to 140 and 89 animals respectively, according to the guidelines established by the Colombian Agricultural Institute-ICA, the prevalence of the diseases was measured according to the reports found. Of the 89 animals that were tested for brucellosis, 3 were positive, which were removed from the farm, while the prevalence of tuberculosis was 0%, thus inferring that the farm was free of the disease. In this sense, even though the results of prevalence are null for tuberculosis, strict surveillance and revision of the animals must continue due to the presence of brucellosis in the place.

### Keywords:

*Brucella abortus*, cattle, epidemiological surveillance, prevalence, tuberculosis.

---

## INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario y principalmente la actividad ganadera es uno de los mayores aportantes a la economía de Colombia y el mundo (Bravo, 2020), Colombia se ubica como el quinto país de América Latina con mayor producción ganadera, reportando un hato de 29. 523.270 cabezas de ganado para el año 2022, el 55% de los bovinos del territorio colombiano se emplean para la ceba o producción cárnica, el 5% es destinado a la lechería especializada y el 40% usado para la ganadería doble propósito (Federación Nacional de Ganaderos [FEDEGAN], 2022).

La ganadería generó un aporte muy significativo para la economía Nacional durante el último año, con un 1,6% del PIB (Producto interno bruto), 24,8% al PIB agropecuario y por último un 48,7% al pecuario (Acevedo y Velasco, 2021). En cuanto al departamento del Caquetá, su economía generalmente gira en torno al sector primario y terciario; en las actividades que comprende el sector terciario, se caracteriza la ganadería, como la más importante en términos de producción, con un estimado de 2.379.898 cabezas de ganado (Comité Departamental de ganaderos del Caquetá [CDGC], 2021).

Pese a este gran potencial que se tiene los problemas patológicos son muy diversos dentro de ellos tenemos a la tuberculosis bovina la cual genera una gran reducción en la producción ganadera ya que se estima que produce una disminución del 6% de la fertilidad en bovinos principalmente hembras y un 10% de producción láctea, como producto de la enfermedad los bovinos presentan una reducción de su peso corporal hasta del 15% (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria-SENASA, 2007).

La producción bovina lleva consigo un sin número de aspectos determinantes en la producción, uno de esos es el tratamiento de enfermedades o patologías que puedan afectar a los ejemplares y por ende la producción y la economía, algunas de las enfermedades

---

de gran importancia en salud animal y pública son la fiebre aftosa, la estomatitis vesicular, la rabia silvestre, la encefalopatía esponjiforme, la brucelosis y la tuberculosis bovina (Acha y Szifres, 2001).

El foco principal de infección son los bovinos, sin embargo, la enfermedad puede ser transmitida a otros mamíferos incluyendo al hombre, ya sea por contacto directo o por fluidos corporales como heces, leche o cualquier otra secreción de un animal contaminado, por lo que se resalta su importancia en la salud pública específicamente en las personas que ejercen en las actividades ganaderas y de consumo (Organización Mundial de Sanidad Animal-OIE, 2012).

Para el año 2019, el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA analizó cerca de 749.220 pruebas para brucelosis y tuberculosis bovina en Colombia, reportando cerca del 3% y 5% de positivos respectivamente. De igual forma, Motta et al. (2012) reportan un 5% de casos positivos de brucelosis para el departamento del Caquetá, lo que repercute en un alto riesgo zoonótico tanto para la región como para el país.

Es así como otra de las enfermedades de relevancia para este estudio es la brucelosis que tiene un gran impacto en la salud pública al presentarse disminución en la obra de mano personal, gasto en diagnósticos y tratamientos e incluso pérdidas humanas totales (Franco et al., 2007). En el sector económico el impacto negativo se enfoca en las pérdidas en la producción de los productos bovinos infectados y en el número de individuos como tal (Santos, 2013).

La brucelosis y la tuberculosis bovina son causadas por las bacterias *Brucella Abortus* y *Mycobacterium bovis*, respectivamente, son altamente contagiosas e infecciosas, por tal razón el objetivo de este estudio es la determinación la prevalencia de la *Brucella Abortus* y *Mycobacterium bovis* en el Centro de investigaciones amazónicas CIMAZ-MACAGUAL "César Augusto Estrada González", en el municipio de Florencia Colombia.

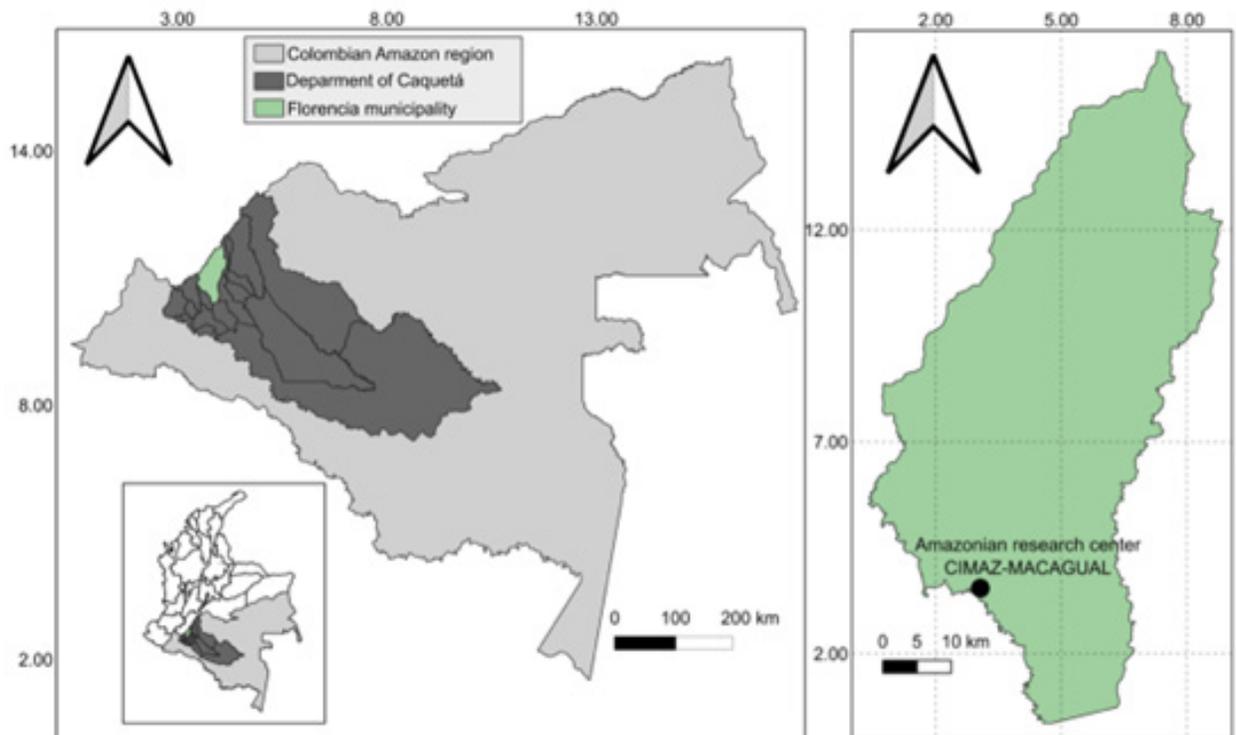
## **METODOLOGÍA**

### **Área de Estudio**

Este trabajo se hizo en el Centro de investigaciones amazónicas CIMAZ-MACAGUAL "César Augusto Estrada González" de la Universidad de la Amazonia, situado a 20km de Florencia, capital del Caquetá. Localizado a 1°37' N y 75° 36' W. Aproximadamente 300 msnm, posee 383,36 hectáreas (Arenas et al., 2012) con temperatura media de 25,5 °C, humedad relativa media del 76.3%, precipitación media de 3.793 mm/año (Gómez et al., 2014) (Figura 1).

**Figura 1**

**Localización del CIMAZ-MACAGUAL “Cesar Augusto Estrada González”.**



## Diseño de la Investigación

Dicho trabajo se efectuó en el CIMAZ-MACAGUAL, se muestrearon animales bovinos, para *Brucella Abortus* donde se usaron las hembras mayores a 24 meses de edad y machos mayores a 8 meses, cuyo destino sea para reproducción (toro). Con relación a *Mycobacterium bovis*, fueron todos los animales mayores a 6 semanas de edad, lo anterior, es debido a los requisitos establecidos en la resolución 075495 del 15 de septiembre 2020 ICA "Por medio del cual establecen las medidas sanitarias para la prevención y el control de la *Brucella Abortus* en las especies bovina, bufalina, ovina, caprina, porcina y équida dentro del territorio nacional". En total para brucelosis son 89 y tuberculosis 140 animales. A continuación, se detalla la edad y número de animales a muestrear:

**Tabla 1**  
**Muestras para determinar la prevalencia de la Brucelosis**

Hembra		Macho	
Rango	Cantidad	Rango	Cantidad
2-3 años	10	8-12 meses	1
3-5 años	17	1-2 años	3
Mayor de 5 años	51	2-3 años	3
-	-	Mayor 3 años	4
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>Total</b>	<b>11</b>

Las muestras de sangre se tomaron de la vena coccígea y se conservaron en tubos anticoagulante. Esto amparado en la Ley 84 del Congreso de la República de Colombia, 1989, siguiendo los lineamientos científicos, éticos y técnicos.

**Tabla 2**  
**Aplicación de la Prueba de Tuberculina ano - caudal**

Hembra		Macho	
Rango	Cantidad	Rango	Cantidad
3-9 meses	4	Igual-Mayores 45 días	2
9-12 meses	2	3-9 meses	13
1-2 años	12	1-2 años	18
2-3 años	5	Mayor 3 años	5
3-5 años	22	-	-
Mayor 5 años	57	-	-
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>Total</b>	<b>38</b>

## **Muestras y técnicas de laboratorio para la identificación de brucelosis y tuberculosis bovina**

### **Brucelosis bovina**

Para el proceso de diagnóstico de la Brucelosis, se tuvo en cuenta lo establecido en la Resolución No. 75495 del 15 de septiembre de 2020, “Establecer las medidas sanitarias para la prevención y el control de la Brucelosis bovina causada por *Brucella abortus* en las especies bovina, bufalina, ovina, caprina, porcina y équida; con el fin de proteger la sanidad animal y por ende la salud pública en el territorio nacional.

**Extracción o toma de sangre.** Esta actividad se realizó para determinar la presencia o ausencia de la *Brucella Abortus*. Para realizar la toma de las muestras sanguíneas, se

---

hizo en la vena o arteria coccígea, utilizando el sistema vacutainer con tubo tapa roja (sin anticoagulante), con previa desinfección de la zona. Se conservaron las muestras en termo isotérmico y fueron llevadas al laboratorio del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para su procesamiento. Las muestras se centrifugaron a 3.500 rpm por 10 minutos para la obtención del plasma que posteriormente fue depositado en tubo de 2 ml. Estas muestras fueron preservadas a 8°C, para posteriormente aplicar la prueba tamiz Rosa de Bengala, las muestras que dieron positivas, se confirmaron utilizando la prueba Fluorescencia Polarizada (FPA) o ELISA indirecta, y se marcó con la letra B (Brucelosis) a nivel del tren posterior, para posteriormente ser enviados a la planta de sacrificio. Se puede comercializar la canal, no el componente visceral y reproductivo del animal. El predio quedó impedido para la circulación de sus animales fuera de él, hasta confirmarse el resultado serológico negativo.

### ***Diagnóstico de brucelosis***

Para el diagnóstico se usaron los métodos de ELISA indirecta, ELISA, Rosa de bengala o Fluorescencia Polarizada (FPA), todas estas pruebas se desarrollaron de acuerdo a los protocolos adaptados del ICA, quienes fueron los encargados de procesar las mismas.

**Muestras oficiales.** Dichas muestras fueron tomadas por Médicos Veterinarios y Zootecnistas adscritos o directamente autorizados por el ICA, para su oportuno control y vigilancia y una mayor efectividad en el diagnóstico de la brucelosis.

### ***Tuberculosis bovina***

Para el proceso de diagnóstico para la Tuberculosis Bovina, se tuvo en cuenta lo establecido en la Resolución No.115687 del 24 de diciembre de 2021. “Por la cual se establecen las medidas sanitarias para la prevención, el control y erradicación de Tuberculosis Bovina en las especies bovina y bufalina en Colombia y los requisitos para certificación de predios libres de Tuberculosis Bovina”.

**Prueba de tuberculina o hipersensibilidad retardada.** Para el diagnóstico de dicha prueba se usaron: el derivado proteico purificado (DPP) bovino, el cual se utiliza para pruebas ano-caudal, cervical simple y comparativo, debe tener una concentración entre 20.000 y 50.000 UI por mL; también, el derivado proteico purificado (DPP) aviar el cual se efectúa para la prueba cervical comparativa y debe tener una concentración de 25.000 UI por mL., está fundamentada principalmente en medir el grosor de la piel y determinar el cambio de esta.

De igual forma, se desarrolló la prueba de pliegue ano-caudal (PAC), la cual consistió en la aplicación vía intradérmica de un DPP de origen bovino obteniendo la lectura posterior a las 72 horas de aplicación. El resultado es negativo cuando el aumento del pliegue cutáneo es menor o igual a 1.9 mm, sin presencia de signos clínicos (edema difuso o extenso, exudación, necrosis, dolor o inflamación de los conductos linfáticos en esa zona o de los ganglios linfáticos); y, positivo cuando se presenten signos clínicos como los anteriormente mencionados y aumento igual o superior a 2 mm del pliegue cutáneo.

Para confirmar la positividad se realizó la prueba cervical comparativa (PCC), la cual fue inyectada en el tercio medio del cuello, a una distancia de 12-15 cm. Los resultados se analizaron de acuerdo con la diferenciación de tamaño entre la reacción de la tuberculina bovina y la aviar, éstas son positivas cuando el pliegue cutáneo sea menor o igual a 1 mm, dudosa cuando este entre 1.1 y 3.9 mm y positiva cuando sea mayor o igual a 4 mm.

Si se dan resultados dudosos se recomienda cuarentena de 45 y 60 días después de la toma de la muestra, en caso de salir positiva se debe sacrificar el animal, cabe aclarar que con dos resultados consecutivos que sean dudosos se admite como positivo y se debe seguir el mismo procedimiento. En todas las pruebas de tuberculina se utilizó como unidad de medida única y exclusivamente el milímetro (mm).

Al presentarse los negativos el predio recibirá el certificado de predio libre de tuberculosis. Los semovientes después de realizar las actividades, fueron llevados a un corral con adecuadas instalaciones con disponibilidad de forraje picado, concentrado, sombra y agua, lo anterior, mitigó el estrés, para luego ser conducidos a una pradera donde tiene disponibilidad de las condiciones antes mencionadas. También se hizo una encuesta semiestructurada al personal que labora en el Centro de investigaciones en la cual se le interrogó por: Tipo de manejo en el sistema de producción, Alimentación, manejo genético, sanitario y buenas prácticas ganaderas.

Para determinar la prevalencia se tuvo en cuenta la edad, fase de producción y el sexo de los animales a partir de la siguiente fórmula: **Prevalencia = Ni / Nt \* 100**. Donde: Ni: Número de animales con presencia de la enfermedad, Nt: Número total de individuos.

### **Análisis de datos**

Se efectuó un análisis descriptivo para observar las variaciones entre cada una de las fases muestrales caracterizadas (Terberos, levante, novillas, horas, vaca en producción y reproductores) respecto a la prevalencia de las enfermedades evaluadas. Todos los datos se corrieron en el Programa InfoStat versión profesional (Di Rienzo et al., 2017)

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Presencia de *Brucella Abortus* obtenida a través de la prueba tamiz Rosa de Bengala y confirmación con la Fluorescencia Polarizada (FPA) o ELISA indirecta**

Para la presencia de brucelosis en bovinos del Centro de Investigación de la Amazonia-MACAGUAL, se tomaron muestras de 89 animales de los cuales 11 son machos y 78 hembras, de los 11 machos no se reportó ningún positivo, por tanto, la prevalencia de brucelosis en machos es de 0% (Tabla 3).

**Tabla 3**  
**Prevalencia de brucelosis en machos**

Rango	Cantidad	Macho			
		Positivos	%	Negativos	%
8-12 meses	1	0	0	1	9,091
1-2 años	3	0	0	3	27,27
2-3 años	3	0	0	3	27,27
Mayor 3 años	4	0	0	4	36,36
Total	11	0	0	11	100

En cuanto a las hembras, de las 78 muestreadas tenemos 10 en rango de 2-3 años, 17 en rango de 3-5 años y 51 en rango mayor a 5 años, de estas 3 dieron positivas mostrando un valor porcentual de 3,85% mientras que las negativas fueron 75 con un valor porcentual de 96,15% (Tabla 4).

La brucelosis bovina es una de las enfermedades animales prioritarias por su impacto en la salud pública, la economía y el comercio (OIE, 2014). El valor de los datos sanitarios históricos a nivel mundial conduce a ganancias en la proyección de políticas sanitarias, la realización de estudios que permitan conocer la evolución de las enfermedades, así como la correcta toma de decisiones para programas de vigilancia, calidad, viabilidad y economía en el manejo de enfermedades animales (Stärk, 2015). De allí la importancia de evaluar estudios de este tipo en ganaderías tan importantes como las del Caquetá.

**Tabla 4**  
**Prevalencia de brucelosis en hembras**

Rango	Cantidad	Hembra			
		Positivos	%	Negativos	%
2-3 años	10	0	0	10	12,82
3-5 años	17	0	0	17	21,79
Mayor de 5 años	51	3	3,85	48	61,54
Total	78	3	3,8	75	96,15

Estas 3 hembras reportadas con brucelosis de acuerdo con las indicaciones dadas por el ICA, se pueden comercializar la canal, no el componente visceral y reproductivo del animal. El predio quedó impedido para la circulación de sus animales fuera de él, hasta confirmarse el resultado serológico negativo.

Estudios realizados en América del Sur encontraron países con una alta prevalencia de brucelosis durante un largo período de tiempo; las razones de esta situación se han atribuido a los escasos recursos económicos invertidos para el diagnóstico y control de enfermedades infecciosas, siendo las medidas discontinuas y no sistemáticas, y la falta de incentivos en el ganado vacuno para lograr la certificación libre de brucelosis, entre otras razones (Moreno, 2002; Aznar et al., 2014). Por ende, el considerar realizar pruebas con mayor frecuencia es de vital importancia para la reducción de esta enfermedad.

### **Presencia de *Mycobacterium bovis* a través de Prueba de tuberculina intradérmica**

En la Tabla 5 se observa la relación existente entre los animales del Centro de Investigaciones evaluados y el índice de prevalencia de *M. bovis*, de los 140 animales el 100% dieron negativos a la prueba de tuberculina, lo que pone en evidencia la relación del 0% de índice de prevalencia de tuberculosis bovina para este estudio (Tabla 5).

**Tabla 5**

#### ***Prevalencia de tuberculosis bovina por total de animales muestreados***

Estudiados	Positivos		Negativos		Índice de prevalencia (%)
	n	P	N	%	
140	0	0	140	100	0

Nota. n= número de animales estudiados, P= número de positivos, N=número de negativos

Estos resultados ponen en evidencia que el Centro de investigación se encuentra libre de tuberculosis en la actualidad, dichos resultados concuerdan con los obtenidos por Córdoba (2018) y Macalupú (2021), en estudios realizados bajo condiciones similares en los que encontraron los mismos resultados, usando el mismo método.

De igual forma, estos resultados concuerdan con lo que sugiere la Federación Nacional de ganaderos (2020), donde la prevalencia de esta enfermedad para nuestro país es inferior al 1%, dado que esta enfermedad se encuentra delimitada para los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Cesar, Magdalena y Guajira, y no para el departamento del Caquetá como zona de riesgo.

### **Prevalencia de Tuberculosis bovina respecto a la categoría de evaluación**

En cuanto a la categoría de evaluación se puede observar que la prueba de tuberculina intradérmica se le realizó a 41 machos y 99 hembras, distribuidos de la siguiente manera: 0-30 meses 31 machos y 27 hembras, 31-60 meses 9 machos y 16 hembras, 61-90 15 hembras, 91-120 32 hembras y >120 1 macho y 9 hembras; en todas las categorías estudiadas el índice de prevalencia de la enfermedad dio 0% (Tabla 6).

**Tabla 6**  
**Prevalencia de la tuberculosis bovina por categorías en animales muestreados**

Categoría (Meses)	Positivos				Negativos				Índice de prevalencia (%)	
	M	%	H	%	M	%	H	%	M	H
0-30	0	0	0	0	31	75,6	27	27,27	0	0
31-60	0	0	0	0	9	22	16	16,16	0	0
61-90	0	0	0	0	0	0	15	15,15	0	0
91-120	0	0	0	0	0	0	32	32,32	0	0
>120	0	0	0	0	1	2,44	9	9,091	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>			<b>41</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	

**M:** Machos, **H:** Hembras

En este sentido, Reyes (2022), expone que la tuberculosis bovina trae grandes inconvenientes en cuanto a la producción láctea en los lugares donde se reporta, ocasionando pérdidas en producción y por ende déficit financiero para las familias campesinas; además de representar una amenaza para la salud pública, por lo que hacer un adecuado manejo se hace de vital importancia para el aseguramiento de la salud y la seguridad alimentaria de las regiones.

## CONCLUSIONES

Se determinó la presencia de *Brucella Abortus* a través de la prueba tamiz Rosa de Bengala y confirmar con la Fluorescencia Polarizada (FPA) o ELISA indirecta, encontrándose 3 casos para el Centro de investigación, los cuales se sugiere que deben ser sacadas del lugar para sacrificio, lo que representa solo el 3% de los animales evaluados.

Se concluye que el nivel de prevalencia de *Mycobacterium bovis* a través de la aplicación de la Prueba de la tuberculina intradérmica, en el Centro de investigación es de 0%, no hubo ningún reporte de la enfermedad en la zona. Se finaliza el estudio con un nivel de prevalencia de tuberculosis de 0% para todas las categorías evaluadas de los 140 animales a los que se les aplicó la prueba en el Centro de Investigaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, P & Szyfres, B. (2001). Zoonoses and communicable diseases common to man and animals. Bacterioses and Mycoses. Third edition. Washington, DC.
- Acevedo Talero, J. A., & Velasco Ramírez, E. (2021). Modelo de direccionamiento estratégico para las fincas Jerusalén y La Bonanza, como soporte para el desarrollo de un banco de proteínas en el departamento del Meta-Colombia (Master's thesis, Maestría en Gerencia de Proyectos).

- 
- Aguado, G, Moreno, B., Amado, J., Ramírez, O., Hernández, V & Galván, R. (2010). Desarrollo del biofertilizante bacteriano INI2709 y análisis de su impacto inicial en la agricultura del estado de Guanajuato.
- Arenas Sánchez, A., & Díaz Jiménez, D. A. (2018). Estructuración de una propuesta de esquema de pagos por servicios ambientales para la protección y recuperación del páramo de jurisdicciones de Norte de Santander.
- Aznar, M. N., Samartino, L. E., Humblet, M. F., & Saegerman, C. (2014). Bovine brucellosis in Argentina and bordering countries: update. *Transboundary and emerging diseases*, 61(2), 121-133. doi: 10.1111/tbed.12018
- Bravo, A. (2020). Cadenas sostenibles ante un clima cambiante la ganadería en Colombia (p. 142). [https://www.giz.de/de/downloads/GIZ\\_CIAT\\_GanaderiaPag\\_sencillas\\_web.pdf](https://www.giz.de/de/downloads/GIZ_CIAT_GanaderiaPag_sencillas_web.pdf)
- CDGC. (2022). Cifras de contexto ganadero Caquetá primer trimestre 2022. Comité Departamental de ganaderos del Caquetá ISSUU. [https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto\\_2022](https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto_2022)
- Córdova, P. (2018). Diagnóstico de tuberculosis bovina en vacunos de crianza familiar, en la Campiña del distrito de Moche, mediante la prueba de Intradermorreacción. (Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego). Recuperado de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4111>
- FEDEGAN. (2020). Presupuesto de ingresos y gastos del Fondo Nacional del Ganado FNG. (2019). Fondo de Estabilización para el Fomento de la Exportación de Carne, Leche y sus Derivados (FEP), vigencia 2019. Federación Colombiana de Ganaderos. <https://www.fedegan.org.co/presupuesto>
- FEDEGAN. (2022). Sector ganadero bovino ha crecido en todos los trimestres de 2022. Federación Colombiana de Ganaderos. <https://www.fedegan.org.co/noticias/sector-ganadero-bovino-ha-crecido-en-todos-los-trimestres-de-2022>
- Franco, M., Maximilian, M., Robert, H., Gilman, M & Henk, L. (2007). Human brucellosis. VOLUME 7, ISSUE 12, P775-786. DOI:[https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(07\)70286-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(07)70286-4)
- Gómez Cano, C., Sánchez Castillo, V., & Rincón Lasso, M. (2015). Análisis del sistema institucional de evaluación de estudiantes: el caso de la IE Nueva Jerusalén. *Cultura Educación y Sociedad*.
- ICA. (2017). Decreto 2113 de 2017 - "Por el cual se adiciona un Capítulo al Título 3 de la Parte 13 del Libro 2 del Decreto 1071 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural". Instituto Colom-

---

biano Agropecuario.

- Macalupú, C. (2021). Determinación de tuberculosis bovina mediante la prueba de intradermorreacción en granjas familiares del distrito de Huanchaco – Trujillo. Tesis de Pregrado de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad privada Antenor Orrego. Perú.
- Moreno, E. (2002). Brucellosis in Central America. *Veterinary microbiology*, 90(1), 31-38. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(02\)00242-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(02)00242-0)
- Motta Giraldo, J. L., Waltero García, I., Abeledo, M. A., & Fernández, O. (2012). Estudio retrospectivo de agentes infecciosos que afectan la reproducción bovina en el departamento del Caquetá, Colombia. *Revista de Salud Animal*, 34(3), 159-164.
- OIE. (2012). Tuberculosis Bovina. *Animal Med.* <http://www.oie.int/doc/ged/D14008.PDF>
- OIE, 2014. World Organisation for Animal Health. Final Reports of the General Sessions on the World Assembly of the Delegates of the OIE. Final Report 2014, 82nd General Session, Paris 2014. URL [http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About\\_us/docs/pdf/A\\_FR\\_2014\\_public.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About_us/docs/pdf/A_FR_2014_public.pdf) (accessed 26.6.17).
- Reyes Silva, F. D. (2022). Parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein bajo pastoreo en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, Ecuador.
- Santos R, Telma, M., Alan, M & Tatiane A. Economic losses due to bovine brucellosis in Brazil. Perdas econômicas devidas à brucelose bovina no Brasil. IDepartamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Avenida Antônio Carlos 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG 31270-901, Brazil
- SENASA. (2007). Programa nacional de lucha contra la Tuberculosis. [http://www.produccionanimal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/infecciosas/bovinos\\_en\\_general/20-programa\\_nacional\\_tuberculosis.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_en_general/20-programa_nacional_tuberculosis.pdf)
- Stärk, K. D. C., & Häsler, B. (2015). The value of information: Current challenges in surveillance implementation. *Preventive veterinary medicine*. 122, 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.05.0>



ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

## EFECTOS DEL NAPROXENO COMO CONTAMINANTE EMERGENTE EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

*Effects of Naproxen as an Emerging Contaminant in Aquatic Ecosystems*

**Juliana Alexandra Echeverry Calvache**<sup>1,2</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-5725-5782>

 [julianaecheverry2020@itp.edu.co](mailto:julianaecheverry2020@itp.edu.co)

**Natalia Estefanía Meza Segura**<sup>1,2</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-0518-8108>

 [nataliameza2020@itp.edu.co](mailto:nataliameza2020@itp.edu.co)

**Iván Camilo Sánchez Rojas**<sup>1,3</sup>

 <https://orcid.org/0000-0001-5959-6695>

 [ivan.sanchez@itp.edu.co](mailto:ivan.sanchez@itp.edu.co)

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Recursos Naturales Amazónicos -GRAM- (COL0090487), Instituto Tecnológico del Putumayo, Colombia, 86007

<sup>2</sup>Ingeniera Ambiental

<sup>3</sup>Médico Veterinario Zootecnista

Fecha recepción: 15 de Mayo de 2023 / Fecha Aprobación: 30 de Mayo 2023 / Fecha Publicación: 14 de Agosto 2023

### RESUMEN

En el presente documento se planteó la necesidad de analizar los efectos del naproxeno como contaminante emergente en ecosistemas acuáticos, para lo cual se realizó la respectiva revisión documental sobre sus implicaciones sobre la biodiversidad, su impacto y afectación a organismos acuáticos clave, en donde se pudo evidenciar que incluso en concentraciones bajas, el naproxeno causa alteraciones significativas en procesos biológicos de organismos acuáticos, además su exposición prolongada afecta negativamente el desarrollo, reproducción y supervivencia de diferentes especies, entre las que se resaltan los peces, gasterópodos, bivalvos, crustáceos, entre otros, que son eslabones críticos en las cadenas tróficas, generando deformidades, reducción de fecundidad, incluso aumento de la mortalidad.

Así mismo, la bioacumulación y la biomagnificación amplifican su presencia en niveles tróficos superiores, afectando la fauna y la estabilidad del ecosistema, de tal manera, estos impactos comprometen la biodiversidad acuática, alterando las dinámicas poblacionales y reduciendo la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios ecológicos vitales, en donde las especies clave son las más vulnerables a estas afectaciones, es por esto que se resalta la necesidad de estrategias de regulación, mitigación y tratamiento de aguas residuales para proteger la inte-

### Cómo citar:

Echeverry Calvache, J. A., Meza Segura, N. E. & Sánchez Rojas, I. C. (2023). *Efectos del naproxeno como contaminante emergente en ecosistemas acuáticos*. FAGROPEC, 15 (2), ppt. 44-63. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v15n2a4>



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

Rev. FAGROPEC Vol. 15 Num. 2, julio-diciembre de 2023

---

gridad de los ecosistemas acuáticos.

**Palabras clave:**

Medicina de la conservación, salud pública, agua.

**ABSTRACT**

This document raised the need to analyze the effects of naproxen as an emerging contaminant in aquatic ecosystems, for which the respective documentary review was carried out on its implications on biodiversity, its impact and affectation to key aquatic organisms, where it was possible to show that even in low concentrations, naproxen causes significant alterations in biological processes of aquatic organisms, in addition its prolonged exposure negatively affects the development, reproduction and survival of different species, among which fish, gastropods, bivalves, crustaceans, among others, stand out, which are critical links in the trophic chains, generating deformities, reduced fertility, even increased mortality.

Likewise, bioaccumulation and biomagnification amplify their presence at higher trophic levels, affecting the fauna and the stability of the ecosystem. In such a way, these impacts compromise aquatic biodiversity, altering population dynamics and reducing the capacity of ecosystems to provide vital ecological services, where key species are the most vulnerable to these impacts. This is why the need for strategies for regulation, mitigation and treatment of wastewater to protect the integrity of aquatic ecosystems is highlighted.

**Keywords:**

conservation medicine, public health, water.

.....

**INTRODUCCIÓN**

Los contaminantes emergentes se han convertido en un tema de interés global, considerando que se trata de una gran variedad de compuestos de origen antropogénico que pueden causar efectos negativos sobre el ambiente (Alean et al., 2021). En los últimos tiempos, se ha evidenciado la presencia de este tipo de contaminantes en múltiples contextos, generando afectaciones de todo tipo, dado su uso masivo y la falta de control adecuado sobre los mismos.

En este sentido, dentro de los principales contaminantes emergentes se encuentran los fármacos, compuestos que son sumamente necesarios en la sociedad (Zarazúa et al., 2024). Sin embargo, su presencia es persistente en el medio ambiente, produciendo efectos nocivos y principalmente la calidad del agua.

De tal forma, los contaminantes emergentes se dispersan a través del agua afectando la salud humana, contaminando la cadena alimenticia, las fuentes de agua potable y causando resistencia bacteriana (Vergara y Hernández, 2024).

En este contexto, los contaminantes emergentes representan un peligro para el ecosistema (Romero et al., 2022). Dado que una vez en el recurso hídrico, entran en contacto

---

con organismos acuáticos, ocasionando desequilibrio, además llegando a afectar sus funciones biológicas. Sobre el caso en particular, la presencia del naproxeno tiene efectos tóxicos en organismos acuáticos causando alteraciones bioquímicas y genéticas, estrés oxidativo, problemas endocrinos, inhibición del crecimiento, efectos mutagénicos y, teratogénicos, efectos adversos en la fertilidad y en el sistema inmunológico (Romero et al., 2022).

Dado estos planteamientos, el presente artículo tiene por objetivo analizar los efectos del naproxeno como contaminante emergente en ecosistemas acuáticos, realizando la revisión documental sobre sus implicaciones sobre la biodiversidad, evaluando el impacto del naproxeno y su afectación a organismos acuáticos clave.

## **METODOLOGÍA**

El presente estudio sobre los efectos del naproxeno como contaminante emergente en ecosistemas acuáticos, se llevó a cabo utilizando un enfoque cualitativo y descriptivo, teniendo en cuenta que se buscó identificar los efectos del naproxeno en ecosistemas acuáticos y cómo su exposición continúa afecta el desarrollo, reproducción o mortalidad de los organismos, además de determinar la bioacumulación del naproxeno en la cadena trófica acuática, su acumulación en organismos y cómo este proceso afecta la salud del ecosistema, evaluando el impacto del naproxeno en la biodiversidad acuática y su afectación a organismos acuáticos clave.

Para estos propósitos se realizó la búsqueda de información y de literatura relacionada con esta temática, por medio de la revisión documental y bibliográfica, a través de buscadores académicos acorde con el nivel de la investigación, de modo que se logró identificar información relevante para el sustento y desarrollo de los objetivos, siendo clave el análisis de datos para la comprensión de los interrogantes planteados.

De este modo, se planteó la identificación de fuentes de datos, como primer paso para la recopilación de información, por lo que se llevó a cabo por medio de: Google académico, Google libros, Proquest, Redalyc, Scielo, ResearchGate, Dialnet, Revistas científicas, Repositorios institucionales y Bibliotecas digitales, entre otros, tanto a nivel nacional como internacional, relacionando el campo de búsqueda principalmente con la presencia del naproxeno en los ecosistemas acuáticos y sus efectos sobre dichos ecosistemas.

Por otra parte, la filtración de los resultados de búsqueda de datos comprendió en lo mayor posible bibliografía de años recientes, centrando en los estudios que sean más actuales, procurando la calidad y confiabilidad de la información consultada, seleccionando los de referencia específica a temas claves como el naproxeno, ecosistemas acuáticos, efectos toxicológicos y contaminantes emergentes, almacenando la información en una matriz de análisis, controlando la duplicidad de las referencias bibliográficas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ***Ecosistemas Acuáticos***

En los ecosistemas naturales, los seres vivos mantienen una relación dinámica y constante con el medio físico que los rodea, esta interacción implica una transformación continua de materia y energía, donde los recursos del entorno son utilizados y reciclados a través de procesos biológicos, químicos y físicos, estas transformaciones permiten el desarrollo de ciclos fundamentales que son esenciales para la vida, con procesos de cambio y adaptación de los ecosistemas, con alta biodiversidad, manteniendo un equilibrio ecológico (Takara, 2022).

Igualmente, los ecosistemas acuáticos son componentes fundamentales del medio ambiente mundial, dado que, además de contribuir de manera esencial a la biodiversidad y la productividad ecológica, también proporcionan una variedad de servicios a las poblaciones humanas, como agua para beber y para riego, oportunidades recreativas y hábitat para pesquerías de importancia económica (Prakash, 2021). Existen ciertos tipos de ecosistemas acuáticos los cuales se describen a continuación, en la tabla 1.

**Tabla 1**  
***Tipos de ecosistemas acuáticos***

Ecosistema	Interiores	Lóticos	Río, Arroyo y Petén Humedales	Bordo, embalse
		Lenticos	Sistemas de aguas profundas Humedales	Lago y laguna
	Costeros	Sistemas de aguas profundas		Marisma, estero, estuario
		Marinos	Arrecife	Laguna costera y bahía

Nota. Tomado de (Aguilar y Martin, 2021).

### ***Agua***

El agua es un elemento complejo y fascinante que nos recuerda constantemente la dependencia de ella y la fragilidad de nuestra existencia (Camargo y Camacho, 2019). En tal sentido, el recurso hídrico es uno de los elementos esenciales para la vida y en los ecosistemas del planeta, dado que interviene en muchos de los procesos ambientales y está relacionado con su buen funcionamiento (Mancilla et al., 2022).

No obstante, el aumento de la demanda en el uso del agua trae consigo serios problemas de contaminación, tanto de naturaleza química como biológica, cuya corrección requiere de costosos sistemas de control (Gastañaga, 2018). De igual forma, el agotamiento y la contaminación del agua son las principales causas de la pérdida de biodiversidad y de la degradación de los ecosistemas (UNESCO, 2020).

### **Organismos Acuáticos**

Los organismos acuáticos son seres vivos que habitan predominantemente en ambientes de agua, incluyendo océanos, ríos, lagos y humedales, esta amplia categoría abarca desde microorganismos como el plancton hasta mamíferos marinos de gran tamaño (Duarte, 2006).

Estos organismos, son fundamentales para el equilibrio ecológico, teniendo en cuenta que sostienen las cadenas alimentarias y participan en los diferentes ciclos biogeoquímicos globales, a su vez, su salud se encuentra intrínsecamente relacionada con el estado de los ecosistemas acuáticos, que enfrentan numerosas amenazas como resultado de las actividades humanas (UNESCO, 2020).

### **Contaminante Emergente**

La presencia de restos de fármacos, plaguicidas y otras sustancias, son llamadas contaminantes emergentes, también llamados microcontaminantes (Jaimes y Vera, 2020). Estos comprenden productos farmacéuticos, del cuidado personal, surfactantes, aditivos industriales, plastificantes, plaguicidas y una gran variedad de compuestos químicos que, aunque se encuentran en bajas concentraciones son capaces de alterar las funciones endocrinas, es por esa razón que han llegado a ser un serio problema (García et al., 2011). Los contaminantes emergentes de mayor preocupación son los fármacos, dado que se ha demostrado los daños o alteraciones que pueden generar estas sustancias en el ecosistema, por ejemplo, los analgésicos como el acetaminofén y el naproxeno que son de amplio uso por la población mundial (Marimon y Rodríguez, 2024). La característica de estos grupos de contaminantes es que no necesitan estar constantemente en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente (Gil et al., 2012).

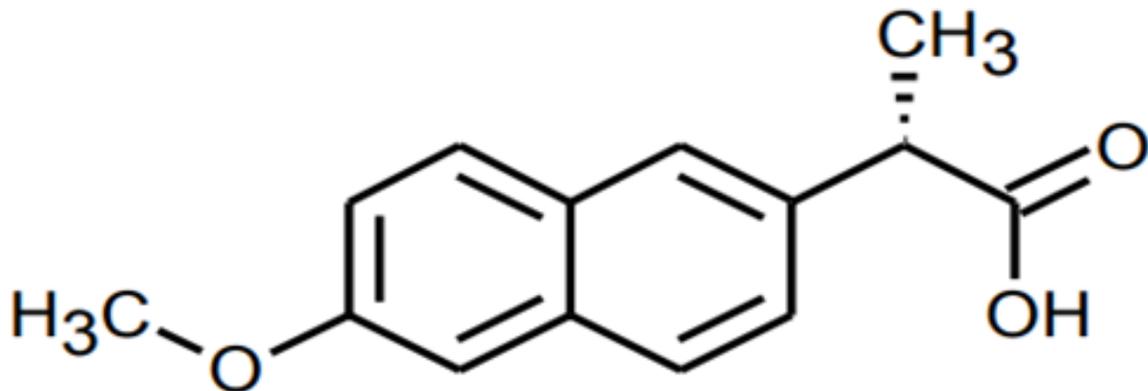
### **Naproxeno**

De acuerdo con el Instituto Nacional del Cáncer (2024) la definición de naproxeno es la siguiente:

“Medicamento que se usa para tratar el dolor leve y los síntomas de la artritis y varias otras afecciones. Asimismo, está en estudio para el tratamiento del dolor de huesos en los pacientes de cáncer. El naproxeno impide que el cuerpo elabore sustancias que causan dolor e inflamación. Es un tipo de medicamento antiinflamatorio no esteroide (AINE) y un inhibidor de la ciclooxigenasa. También se llama Naprosyn.”

Los AINE son fármacos persistentes y recurrentes en los sistemas acuáticos. Esto probablemente se asocia a que son compuestos de libre venta y de mayor consumo (Contreras y González, 2022). La presencia de fármacos en cuerpos de agua genera un problema de salud al exponer organismos vivos a estos contaminantes de origen antropogénico (Silva et al., 2013). El nombre químico del naproxeno es (Ácido (S)-2-(6-metoxi-2-naftil) propanoico, C<sub>14</sub>H<sub>14</sub>O<sub>3</sub>), es un compuesto liposoluble, tiene muy baja solubilidad en agua y dicha solubilidad aumenta a pH básico (Bigagli, 2022). En la figura 1 se describe su estructura química.

**Figura 1**  
**Estructura química del naproxeno**



Nota. Tomado de (Silva et al., 2013).

### ***Mecanismos de Toxicidad del Naproxeno***

El naproxeno es un contaminante emergente en ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y toxicidad generando estrés oxidativo que daña proteínas, lípidos y ADN afectando procesos biológicos esenciales como la fotosíntesis y la respiración en organismos acuáticos (Rodríguez, 2020).

Además, el naproxeno puede afectar las funciones endocrinas en especies acuáticas, interfiriendo con la reproducción y el crecimiento, lo que disminuye sus poblaciones. Sus efectos se amplifican al interactuar con otros contaminantes, aumentando el riesgo ecotoxicológico en los cuerpos de agua (Castro Fernández, 2022).

### ***Bioacumulación del Naproxeno***

La bioacumulación del naproxeno en ecosistemas acuáticos ocurre principalmente en organismos como peces y crustáceos, debido a su capacidad para absorber y retener este compuesto en sus tejidos, incluyendo hígado, riñón y branquias (Cuñat y Ruiz, 2016). Aunque el naproxeno se degrada por fotólisis en condiciones ideales, en cuerpos de agua no siempre se descompone rápidamente, además, su persistencia y la presencia de metabolitos pueden potenciar su toxicidad, afectando funciones reproductivas y el crecimiento de organismos acuáticos (Checa et al., 2021).

### ***Situación Mundial de Uso de Naproxeno***

El consumo de antiinflamatorios no esteroides (AINE) es generalizado y se usan no sólo por sus propiedades antiinflamatorias, analgésicas y antipiréticas, sino también por sus importantes efectos beneficiosos como la protección cardiovascular y la prevención del cáncer (Clàriaa, 2001). A pesar de su eficacia clínica, los AINE pueden causar complicaciones gastrointestinales y cardiovasculares. Además, el uso de AINE se caracteriza por una notable variabilidad individual en el grado de inhibición de la isoenzima COX, la eficacia terapéutica y la incidencia de efectos adversos (Maseda y Ricciotti, 2020).

### **Eliminación y Disposición Final del Naproxeno**

Una de las formas que emplea la industria farmacéutica para controlar la emisión de los contaminantes emergentes al medioambiente es a través de la validación de la limpieza del equipamiento que se utiliza en la producción (Lazo et al., 2024).

Entorno a la detección y tratamiento, van desde el tratamiento mediante el uso de métodos convencionales hasta la aplicación de tecnologías más novedosas como los procesos avanzados de oxidación (Silva et al., 2013). De igual forma, la disposición final de este tipo de desechos debe realizarse mediante incineración en las calderas de hornos cementeros, fundidoras o plantas generadoras de electricidad (García et al., 2021).

En cuanto a la descomposición biológica del naproxeno la realizan hongos, algas y bacterias, pero la única vía bien descrita para su degradación completa es la degradación del naproxeno por *Bacillus thuringiensis* (Wojcieszynska y Guzik, 2020).

### **Efectos en los Ecosistemas Acuáticos**

En el caso del naproxeno se ha detectado su presencia en agua dulce, agua de mar y sedimentos, sin embargo, se encuentran como mezcla en lugar de compuestos individuales, considerando que son diversos los efectos del naproxeno según el entorno en el que se encuentra (Trombini et al., 2020). En este contexto, en la siguiente tabla se presentan los efectos del naproxeno, según la especie afectada:

**Tabla 5**  
**Efectos del naproxeno**

<b>Especie afectada</b>	<b>Tipo de Efecto</b>	<b>Autor</b>
Rotífero ( <i>Brachionus calyciflorus</i> ), Camarón hada ( <i>Thamnocephalus platyurus</i> ), Pulga de agua ( <i>Ceriodaphnia dubia</i> )	Los productos de descomposición reducen el crecimiento y la reproducción y tienen mayores efectos tóxicos en concentraciones más bajas que el propio naproxeno en pequeños crustáceos y rotíferos.	Isidori et al. (2005) DellaGreca et al. (2003)
Mosquito ( <i>Aedes aegypti</i> )	Reduce la eclosión de los huevos y la pupación, pero no afecta la mortalidad de las larvas. El naproxeno también reduce la fecundidad media de las hembras y las generaciones posteriores parecen ser más resistentes a la exposición.	Calma y Medina (2020)
Rotífero ( <i>Brachionus calyciflorus</i> ) Pulga de agua ( <i>Ceriodaphnia dubia</i> )	Inhibición del crecimiento/reproducción.	Isidori et al. (2005)
Anfípodo ( <i>Hyalella azteca</i> )	Estrés oxidativo y genotoxicidad.	García et al. (2015)
Mejillón de agua dulce ( <i>Elliptio complanata</i> )	Inducción o inhibición de diversos efectos inmunotóxicos en los hemocitos.	Gagné et al. (2006)

Hidra ( <i>Hydra magnipapillata</i> )	Contracción de la columna corporal y los tentáculos (una respuesta al estrés) y alteraciones en la transcripción genética durante 24 horas. Inhibición de la regeneración.	Yamindago et al. (2019)
Pulga de agua ( <i>Moina macrocopa</i> )	Reducción del crecimiento poblacional en el rango de concentraciones y reducción de la fecundidad a 30.000.000 ng/L.	Kwak et al. (2018)

Nota. La tabla describe los efectos subletales del naproxeno, adaptado de Davison et al. (2021).

Así mismo, se han detectado altas bioconcentraciones de naproxeno en peces salvajes a través de la acumulación constante del medio ambiente, lo que resulta en un mayor riesgo crónico, en donde el naproxeno puede afectar negativamente el comportamiento, el desarrollo y la expresión de genes antioxidantes de peces (Xu et al., 2019).

De forma similar, el naproxeno tiene efectos nocivos sobre organismos animales y vegetales, como cambios mutagénicos en sistemas bacterianos, efectos teratogénicos, feminización, hermafroditismo, efectos adversos sobre la fertilidad y reproducción de los peces, alteraciones en el crecimiento o en el sistema inmune (Moreno et al., 2022).

Por su parte, el naproxeno disminuyó el crecimiento y la reproducción del pez cebra y provocó alteraciones histopatológicas en las gónadas en concentraciones tan bajas como 0,1 µg/L. A nivel molecular, 0,7 µg/L de naproxeno provocó alteración de la transcripción de genes en las gónadas que participan en varios procesos biológicos asociados con la reproducción, que involucran principalmente la biosíntesis de hormonas esteroides y los mecanismos epigenéticos/epitranscriptómicos. En conjunto, las concentraciones ambientalmente realistas de naproxeno afectan la reproducción del pez cebra (Barros et al., 2024).

Por otra parte, el naproxeno debido a su menor tasa de descomposición y las limitaciones de los procesos actuales de tratamiento de aguas residuales, puede afectar negativamente a las estructuras de los riñones, el hígado y la mandíbula de los peces (Lakshmi et al., 2024). En este sentido, el naproxeno afecta la histología renal y la expresión génica hepática, e induce lesiones en la mandíbula en peces, se han descrito efectos citológicos en riñones y otros órganos de peces salmónidos en concentraciones de hasta 1 µg/L, de forma que, los peces parecen ser el organismo acuático más sensible a este fármaco (Näslund et al., 2020).

Existen varias vías a través de las cuales los productos farmacéuticos de desecho pueden llegar a los organismos; la principal es a través de la descarga de aguas residuales en los ecosistemas acuáticos, afectando a organismos como microorganismos, peces e invertebrados, que pueden ser consumidos por niveles tróficos superiores y causar efectos de cascada trófica (Martínez y Cuautle, 2019).

La exposición crónica al naproxeno presenta afectaciones a la reproducción en crustá-

---

ceos, la supervivencia de peces juveniles, pero las concentraciones efectivas son unos pocos órdenes de magnitud más altas que las detectadas en el agua ambiente. Además, la exposición al naproxeno a través del agua durante las primeras etapas de la vida de los peces medaka causa efectos adversos en la transcripción genética relacionada con las vías esteroidogénicas (Kwak et al., 2018).

Igualmente, el naproxeno forma compuestos que son más tóxicos para los organismos planctónicos que el compuesto original. Estos productos de degradación son en promedio: de 4 a 14 veces más tóxicos para el rotífero (*Brachionus calyciflorus*); de 4 a 16 veces para los crustáceos (*Thamnocephalus platyurus* y *Ceriodaphnia dubia*); y de 1 a 9 veces para *Daphnia magna* 50. Los efectos fueron más pronunciados en las algas, *Pseudokirchneriella subcapitata*, donde el crecimiento se inhibió a una EC50 de entre 1,9 y 6,86 mg/L para los productos de degradación (Davison et al., 2021).

En el caso de poblaciones de algas, rotíferos y pequeños crustáceos se atrofian por la presencia de naproxeno y sus productos de degradación más tóxicos, dado que el naproxeno causa edema pericárdico y daño hepático histopatológico, puede considerarse una amenaza potencial para los organismos acuáticos (Górny et al., 2019).

### ***Efectos en el Desarrollo y Reproducción de Organismos Acuáticos***

En el caso del naproxeno se ha detectado en sistemas acuáticos y es considerado un potencial disruptor hormonal en peces (Romero et al., 2022). El tiempo de vida media de estos contaminantes en el medio ambiente es variado, siendo de 0.8 a 32 días en el aire y de 8 días a 40 días en agua (Gómez et al., 2023).

La exposición también afecta a las células de las branquias y el hígado, modula el comportamiento alimentario y obstaculiza el desarrollo físico de los peces mediante retraso del crecimiento, malformaciones esqueléticas y cartilaginosas y cambios en la textura y las propiedades fisicoquímicas de los músculos (Banerjee y Maric, 2023).

En igual sentido, se ha confirmado que la exposición al naproxeno provoca daños, fragmentación y cambios transcripcionales en el ADN de los gasterópodos y crustáceos, y afecta a la reproducción, la eclosión, el desarrollo larvario y la supervivencia general (Banerjee y Maric, 2023).

### ***Estrategias de Mitigación y Regulación***

En el afluente de las PTAR de países latinoamericanos se detectaron 104 tipos de emergentes, siendo naproxeno y 17  $\beta$ - estradiol los contaminantes con más datos reportados (Rojas, 2021). Por lo general están presentes en bajas concentraciones, por lo que es difícil detectarlos en el ambiente; sin embargo, estos se bioacumulan en los organismos, causando toxicidad (Can, 2021).

A continuación, se presentan algunos de los métodos convencionales principales enfocados en estrategias de mitigación y control de contaminantes emergentes en el agua:

---

**Tratamientos Físicoquímicos.** Dentro de los tratamientos físicoquímicos para remover CE, se encuentran procesos tradicionales de tratamientos de aguas tales como la coagulación y la floculación. Sin embargo, estos son incapaces de remover compuestos de rompimientos de endocrinas (nonilfenol, estrona (E1), estradiol (E2) y muchos otros), productos farmacéuticos y productos de cuidado personal, por sí solos (Gómez et al, 2020).

**Ultrafiltración.** De acuerdo con Duarte (2006), los procesos de separación físicoquímicos que emplean membranas, tales como la ultrafiltración (UF), son tecnologías cuyo uso se está incrementando en el campo de los tratamientos de agua y aguas residuales que producen agua clara disponible para diferentes aplicaciones. Sin embargo, la UF individual, algunas veces es inefectiva para la remoción de la mayoría de los CE, debido a la capacidad de retención limitada de las membranas de UF como también al fouling de la membrana.

**Oxidación.** La oxidación es un mecanismo de remoción prometedora especialmente cuando se emplea cloro u ozono. Sin embargo, se requiere hacer una selección cuidadosa, ya que la reacción de estos químicos produce bioproductos cuyos efectos se desconocen (Zarazúa et al., 2024).

**Empleo de adsorbentes.** Los procesos de adsorción no generan subproductos no deseables al agua potable; sin embargo, se requieren altas tasas de consumo de adsorbente en el caso de usar carbón activado para absorber contaminantes orgánicos polares (Mancilla et al., 2022). Varios estudios evaluaron la absorción de CE individuales sobre carbones activados en agua ultrapura y en competencia con materia orgánica natural; sin embargo, solo unos pocos han evaluado la remoción de una mezcla de contaminantes por medio de adsorción con carbón activado (García et al., 2011).

**Tratamiento con membranas.** La tecnología de biorreactores con membrana se considera como el desarrollo más prometedor en el tratamiento microbiológico de aguas residuales. Esta tecnología combina un proceso de degradación biológico usando un lodo activado, con una separación sólido-líquido a través de un proceso de UF (Gastañaga, 2018).

Con el paso del tiempo y el progreso de las sociedades humanas, se ha evidenciado que además de los contaminantes comunes, los compuestos farmacéuticos también se consideran una de las fuentes más importantes de contaminación, especialmente la del agua (Teherán et al., 2023). De esta forma, la contaminación ambiental es una amenaza creciente para los ecosistemas naturales y una de las preocupaciones más relevantes actualmente en el mundo, considerando el creciente uso de productos farmacéuticos considerados como importantes contaminantes emergentes, dichos productos entran en los ambientes acuáticos a través de múltiples vías relacionadas con la actividad antropogénica (Papaioannou et al., (2023).

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas sintéticas o naturales o cualquier microorganismo que no se controla comúnmente en el medio ambiente, pero que

---

tienen el potencial de ingresar al medio ambiente y causar efectos adversos para la salud humana o ecológica (Kumar et al., 2022). Así mismo, los contaminantes emergentes son aquellos para los que actualmente no existe ninguna regulación que exija el monitoreo o la notificación pública de su presencia en nuestro suministro de agua o aguas residuales (Morin et al., 2022).

De esta forma, los contaminantes emergentes son principalmente sustancias nuevas que, con los cambios sociales y económicos de las últimas décadas, se han liberado en los cuerpos de agua en cantidades relevantes con el consiguiente riesgo para los ecosistemas acuáticos (Zenker et al., 2014). Así mismo, el aumento de los niveles de sustancias farmacológicas en el ambiente y sus potenciales efectos adversos sobre los sistemas biológicos constituyen un problema de relevancia global que plantea mayores desafíos a los países con altas tasas de crecimiento poblacional (Martínez y Cuautle, 2019).

En este aspecto, en el caso de los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) tienen efectos ecotóxicos crónicos sobre los componentes bióticos de los ecosistemas (Tyumina et al., 2020). Sin embargo, aunque las concentraciones de AINE en aguas superficiales son bajas, la alta actividad biológica de estas moléculas puede conferirles una toxicidad potencial hacia organismos acuáticos no objetivo (Parolini, 2020).

Por otra parte, en el tratamiento del dolor postoperatorio a menudo es insuficiente, por lo que se requiere tratamientos farmacológicos, como los fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) a los cuales pertenece el naproxeno. El naproxeno se utiliza para tratar una variedad de trastornos relacionados con el dolor, inclusive el dolor postoperatorio agudo, siendo eficaz para el alivio del dolor en adultos que sufren dolor agudo después de la cirugía (Mason et al., 2005).

Además, en las urgencias odontológicas, las razones principales de atención en consultorios, el dolor se encuentra acompañado por inflamación, por lo que el uso de antiinflamatorios no esteroideos (AINE) es común en el ejercicio de la odontología por la excelente respuesta analgésica y antiinflamatoria que tiene, el AINE más prescrito es el naproxeno (32.7%), seguidamente del ibuprofeno (18.6%), diclofenaco (10.6%) y nimesulida (7.1%) (Keb, 2022).

En este contexto, los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) son de los fármacos más ampliamente utilizados en todo el mundo por sus efectos analgésicos antipiréticos y antiinflamatorios, además de otras indicaciones como antiagregantes plaquetarios. Sin embargo, la automedicación es una práctica frecuente y que genera múltiples efectos adversos, como úlceras, infección, sangrado y perforación intestinal, hepatotoxicidad e insuficiencia renal aguda, entre otros (Rivera, 2021).

De tal forma, el naproxeno debido a su uso generalizado, se ha detectado con frecuencia tanto en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, como en aguas superficiales en todo el mundo (Kwak et al., 2018). El naproxeno se utiliza ampliamente en humanos, en las industrias veterinaria y acuícola (Teherán et al., 2023). De modo

---

que, debido a su actividad biológica, el naproxeno puede influir en los organismos vivos y reducir la biodiversidad de las comunidades ambientales naturales (Górny et al., 2019). Los efectos del naproxeno como contaminante emergente en ecosistemas acuáticos son variados y en el caso de los peces parecen ser el organismo acuático más sensible a este fármaco (Näslund et al., 2020). Además de los efectos nocivos sobre las poblaciones de peces, se ha descubierto también efectos negativos sobre gasterópodos, bivalvos y crustáceos, todos ellos eslabones críticos en las cadenas tróficas acuáticas (Banerjee y Maric, 2023).

De tal manera, debido a la naturaleza de los productos farmacéuticos, la cantidad de uso aumenta constantemente y es muy difícil evitar su descarga al sistema de agua especificando la ruta de descarga (Ahn et al., 2022). En este contexto, en el medio natural los fármacos no se encuentran de forma individual sino como mezclas multicomponentes (Pawłowska et al., 2021).

En este sentido, los productos de fototransformación son más persistentes y más tóxicos que el propio naproxeno, teniendo en cuenta que la fototransformación más lenta de los productos de fototransformación en relación con el naproxeno sugiere un mayor potencial de acumulación en el medio ambiente, particularmente cuando el naproxeno se libera continuamente (Cory et al., 2019).

En efecto, en cuanto a las consecuencias de la degradación del naproxeno inducida por la luz solar en el medio ambiente, la irradiación directa con luz ultravioleta podría ser una herramienta eficiente para la eliminación del naproxeno de las aguas contaminadas (Cazzaniga et al., 2020). Ahora bien, el principal método de eliminación del naproxeno del medio ambiente es su fototransformación, además, para la purificación de aguas residuales cargadas con naproxeno, se utilizan procesos como la oxidación avanzada (Górny et al., 2019).

Sin embargo, aunque la contaminación farmacéutica es una preocupación ambiental global, aún queda mucho por saber sobre la transformación de estos productos en la naturaleza y sus efectos sobre la vida silvestre (Cory et al., 2019). De forma que se requieren más estudios para profundizar sobre los efectos que estos contaminantes emergentes generan en los ecosistemas acuáticos.

## **CONCLUSIONES**

El análisis de los efectos del naproxeno en ecosistemas acuáticos deja en evidencia que su presencia, aún incluso en bajas concentraciones, puede causar alteraciones significativas sobre los procesos biológicos esenciales de los organismos acuáticos, este tipo de fármaco está diseñado para influir en el sistema biológicos de humanos, también con aplicaciones en la industria veterinaria y acuícola, tiene el potencial de interferir en rutas metabólicas sensibles de otras especies no objetivo.

En este sentido, se han evidenciado que mediante una exposición prologada al napro-

---

xeno se pueden ocasionar afectaciones negativas al desarrollo temprano de organismos como peces, gasterópodos, bivalvos, crustáceos, todos ellos eslabones críticos en las cadenas tróficas acuáticas, generando deformidades, retraso en el crecimiento, alterando los procesos de reproducción, reduciendo la fecundidad, entre otras afectaciones debido a las disrupciones hormonales o fisiológicas.

De igual forma, la exposición continua incrementa la mortalidad en poblaciones vulnerables, lo que podría generar desequilibrios significativos en la estructura de las comunidades acuáticas, de esta forma, la bioacumulación del naproxeno en las cadenas tróficas acuáticas permite la comprensión de la forma en que este compuesto, que inicialmente se presenta en concentraciones bajas en el agua, puede amplificarse a través de los niveles tróficos, acumulándose en los tejidos de animales, iniciando un efecto en cascada en la cadena alimenticia.

En este contexto, esta acumulación puede incrementarse debido a procesos de biomagnificación, especialmente en peces y otros organismos de mayor tamaño, de forma que la presencia del naproxeno en los niveles tróficos superiores genera riesgos tanto para la fauna, como para la estabilidad del ecosistema, con afectaciones subletales en diferentes especies, lo que compromete su supervivencia y reproducción.

En efecto, con estos fenómenos el naproxeno puede alterar las dinámicas poblacionales y a largo plazo, afectar la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos, principalmente comprometiendo la capacidad de proporcionar servicios ecológicos vitales, de modo que el impacto del naproxeno en la biodiversidad acuática es significativo, toda vez que afecta de manera directa e indirecta a organismos clave que tienen un papel esencial en los ecosistemas.

En consecuencia, el naproxeno puede llegar a reducir la diversidad de especies sensibles, alterando las interacciones ecológicas y la funcionalidad en general del ecosistema, considerando que las especies clave afectadas, actúan como reguladoras de las poblaciones y contribuyen a mantener el equilibrio ecológico, por tanto, el uso continuo del naproxeno y su liberación en los ambientes acuáticos representan un riesgo para la biodiversidad, por lo que se resalta la necesidad de desarrollar estrategias de regulación, mitigación y tratamiento de aguas residuales para proteger la integridad de los ecosistemas acuáticos.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Boluarte, B. D., & Martín Espinoza, K. I. (2021). Revisión sistemática: tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83655>
- Ahn, C., Kim, J., Lee, Y., & Kim, S. (2022). Risk assessment of Naproxen and Sulfamethoxazole in Aquatic Ecosystem. 22(3), 179-188. <https://www.earticle.net/Article/A431130>
- Alean Flórez, J., Márquez Méndez, D., Burgos Núñez, S., Montes, G. E., & Negrete, J. M. (2021). Productos farmacéuticos y de cuidado personal presentes en aguas superficiales, de consumo humano y residuales en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 179-197. <https://www.proquest.com/docview/2556887125>
- Barros, S., Coimbra, A. M., Herath, L. A., Alves, N., Pinheiro, M., Ribeiro, M., ... & Neuparth, T. (2024). Are Environmental Levels of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs a Reason for Concern? Chronic Life-Cycle Effects of Naproxen in Zebrafish. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c05599>
- Bigagli Navarro, D. (2022). Eliminación de antiinflamatorios no esteroideos mediante oxidación electroquímica con ánodos basados en sustratos textiles (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/185942>
- Calma, M. L., & Medina, P. M. B. (2020). Acute and chronic exposure of the holometabolous life cycle of *Aedes aegypti* L. to emerging contaminants naproxen and propylparaben. *Environmental Pollution*, 266, 115275. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115275>
- Camargo, A., & Camacho, J. (2019). Convivir con el agua. *Revista Colombiana de Antropología*, 55(1), 7-25. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0486-65252019000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0486-65252019000100007&script=sci_arttext)
- Can Ubando, L. C. (2021). Capacidad de degradación de antiinflamatorios no esteroideos por bacterias. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/112602>
- Castro Fernández, J. A. (2022). Remoción electroquímica de fármacos empleando un reactor continuo con electrodos modificados con óxidos de metales de transición. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 9(16), 148. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2016.16.56909>
- Cazzaniga, N., Varga, Z., Nicol, E., & Bouchonnet, S. (2020). UV-visible photodegradation of naproxen in water—Structural elucidation of photoproducts and potential toxicity. *European Journal of Mass Spectrometry*, 26(6), 400-408. <https://doi.org/10.1177/1469066720973412>

- Checa Artos, M., Sosa Del Castillo, D., Ruiz Barzola, O., & Barcos-Arias, M. (2021). Presencia de productos farmacéuticos en el agua y su impacto en el ambiente. *Bionatura*, 6(1), 1618-1627. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.27>
- Clàriaa, J. (2001). Los nuevos antiinflamatorios. *Medicina Integral*. Vol. 38. Núm. 4. Páginas 175-183. <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-los-nuevos-antiinflamatorios-13018802>
- Contreras-Almazo, I. A. E., & González-Rentería, M. (2022). Bivalvos, organismos modelo en el biomonitorio del riesgo ecotoxicológico de los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) para los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas*, 31(2), 2167-2167. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2167>
- Cory, W. C., Welch, A. M., Ramirez, J. N., & Rein, L. C. (2019). Naproxen and its phototransformation products: persistence and ecotoxicity to toad tadpoles (*Anaxyrus terrestris*), individually and in mixtures. *Environmental toxicology and chemistry*, 38(9), 2008-2019. <https://doi.org/10.1002/etc.4514>
- Cuñat, Z. A., & Ruiz, M. J. (2016). Ensayos de ecotoxicidad de los fármacos y efectos tóxicos en el medio ambiente: Revisión. *Revista de Toxicología*, 33(2), 108-119. Asociación Española de Toxicología. [http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91949104007\(91949104007\)](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91949104007(91949104007))
- Davison, H., Macadam, C. R., & Smith, D. (2021). Pharmaceuticals in freshwater environments and their potential effects on freshwater invertebrates. <https://cdn.bu-gliflfe.org.uk/2021/11/Pharmaceuticals-in-freshwater-environments-and-their-potential-effects-on-freshwater-invertebrates-1.1.pdf>
- DellaGreca, M., Brigante, M., Isidori, M., Nardelli, A., Previtera, L., Rubino, M., & Temussi, F. (2003). Phototransformation and ecotoxicity of the drug Naproxen-Na. *Environmental Chemistry Letters*, 1, 237-241. <https://doi.org/10.1007/s10311-003-0045-4>
- Duarte, C. M. (2006). La exploración de la biodiversidad marina: Desafíos científicos y tecnológicos. *Comunicación y Gestión Ambiental ALAIRE*, S.L., 158 p. [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2006\\_Exploracion\\_biodiversidad.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2006_Exploracion_biodiversidad.pdf)
- Gagné, F., Blaise, C., Fournier, M., & Hansen, P. D. (2006). Effects of selected pharmaceutical products on phagocytic activity in *Elliptio complanata* mussels. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143(2), 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.01.008>
- García-Gómez, C., Gortáres-Moroyoqui, P., & Drogui, P. (2011). Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. *Química Viva*, 10(2), 96-105. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86319141004.pdf>

- 
- García-Medina, A. L., Marcela, Galar-Martínez, M., García-Medina, S., Gómez-Oliván, L. M., & Razo-Estrada, C. (2015). Naproxen-enriched artificial sediment induces oxidative stress and genotoxicity in *Hyalella Azteca*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2454-y>
- García-Morales, M. A., Contreras-Rodríguez, A., Arreola, A., Guadalupe, M., Ruiz, E. A., & Morales-García, M. R. (2021). Manejo de residuos de fármacos: una breve revisión. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v37/0188-4999-rica-37-329.pdf>
- Gastañaga, M. C. (2018). Agua, saneamiento y salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35, 181-182. <https://www.scielosp.org/article/rpmpesp/2018.v35n2/181-182/es/>
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción+ limpia*, 7(2), 52-73. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552012000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552012000200005&script=sci_arttext)
- Gómez Martínez, F. G., Ramírez García, J., García Fabila, M. G., & Gómez Hinojos, A. (2020). Identificación de compuestos de degradación como evidencia de la contaminación de efluentes de hospitales por Naproxeno. [Identification of degradation compounds as evidence of contamination of hospital effluents by Naproxen] *Revista Internacional De Contaminación Ambiental = International Journal of Environmental Pollution*, Suppl. Memorias XVIII Congreso Internacional y XXIV Congreso Nacional De Ciencias Ambientales, 36, 79. <https://www.proquest.com/docview/2386330757>
- Górny, D., Guzik, U., Hupert-Kocurek, K., & Wojcieszynska, D. (2019). Naproxen ecotoxicity and biodegradation by *Bacillus thuringiensis* B1 (2015b) strain. *Ecotoxicology and environmental safety*, 167, 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.067>
- Instituto Nacional del Cáncer. (2024). Naproxeno. *Diccionario de cáncer del NCI*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/naproxeno>
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Parrella, A., Previtera, L., & Rubino, M. (2005). Ecotoxicity of naproxen and its phototransformation products. *Science of the Total Environment*, 348(1-3), 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.068>
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Pascarella, L., & Parrella, A. (2005). Toxic and genotoxic evaluation of six antibiotics on non-target organisms. *Science of the total environment*, 346(1-3), 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.11.017>
- Keb Canul, A. F. (2022). Mecanismo de los AINES y antiinflamatorios derivados para el control del dolor y la inflamación. Uso de antiinflamatorios en odontología. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 79(1), 38-47. [---

\*Rev. FAGROPEC Vol. 15 Num. 2, julio-diciembre de 2023\*](https://www.me-</a></p></div><div data-bbox=)

---

digraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=103817

- Kumar, R., Qureshi, M., Vishwakarma, D. K., Al-Ansari, N., Kuriqi, A., Elbeltagi, A., & Saraswat, A. (2022). A review on emerging water contaminants and the application of sustainable removal technologies. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, 100219. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100219>
- Kwak, K., Ji, K., Kho, Y., Kim, P., Lee, J., Ryu, J., & Choi, K. (2018). Chronic toxicity and endocrine disruption of naproxen in freshwater waterfleas and fish, and steroidogenic alteration using H295R cell assay. *Chemosphere*, 204, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.035>
- Lakshmi, S. D., Geetha, B. V., & Vibha, M. (2024). From prescription to pollution: The ecological consequences of NSAIDs in aquatic ecosystems. *Toxicology Reports*, 101775. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101775>
- Lazo Fraga, A. R., Viltres Portales, M., Díaz García, A. L., Estévez Hernández, O. L., González Quintela, M., Bustamante Sánchez, M., García Zaldívar, O., Peláiz Barranco, A., Díaz Villavicencio, L., Balbín Tamayo, A. I., & Luaces Alberto, M. D. (2024). Desarrollo de sensores electroquímicos para la detección de metales tóxicos y contaminantes emergentes. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 14(2), 1597. <https://revis-taccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/1597>
- López, D. M., & Soto, M. F. V. (2020). Contaminantes emergentes en diferentes matrices de aguas y tratamientos alternativos para su eliminación. *Repositorio Institucional Unicordoba*. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstreams/d040daa5-e9f1-4271-aa2f-3c0430e1fabb/download>
- Lorenzo., A. Moreno, I. Lizasoain, J.C. Leza, M.A. Moro, A. Portóles, (2008). *Farmacología Básica y Clínica*. Buenos Aires: Panamericana. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=742163>
- Mancilla Villa, O. R., Gómez Villaseñor, L., Olgún López, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Hernández Vargas, O., Ortega Escobar, H. M., ... & Palomera García, C. (2022). Contaminación orgánica por coliformes, Nitrógeno y Fósforo en los ecosistemas acuáticos de la cuenca Ayuquila-Armería, Jalisco, México. *Biotecnia*, 24(1), 5-14. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562022000100005&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562022000100005&script=sci_arttext)
- Marimon Angulo, M., & Rodríguez Díaz, Y. J. (2024). Influencia de las Ptar de la Ciudad de Valledupar y el Municipio de la Paz en la Incorporación de los Contaminantes Emergentes Gemfibrozilo y Progesterona en el Río Cesar. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(3), 152–169. <https://estudiosyperspectivas.org/index.php/EstudiosyPerspectivas/article/view/380>
- Martínez Carrasco, N., & Cuautle, M. (2019). Impact of pharmaceutical waste on biodiver-

---

sity. Ecopharmacovigilance: Multidisciplinary Approaches to Environmental Safety of Medicines, 235-253. [https://doi.org/10.1007/698\\_2017\\_151](https://doi.org/10.1007/698_2017_151)

Maseda, D., & Ricciotti, E. (2020). NSAID–gut microbiota interactions. *Frontiers in pharmacology*, 11, 1153. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01153>

Mason, L., Edwards, J. E., Moore, R. A., & McQuay, H. J. (2005). Dosis única oral de naproxeno y naproxeno sódico para el dolor postoperatorio agudo. *Biblioteca Cochrane Plus*, (2). [https://www.rima.org/web/medline\\_pdf/CD004234-ES.pdf](https://www.rima.org/web/medline_pdf/CD004234-ES.pdf)

Moreno Ríos, A. L., Gutiérrez-Suarez, K., Carmona, Z., Ramos, C. G., & Silva Oliveira, L. F. (2022). Pharmaceuticals as emerging pollutants: Case naproxen an overview. *Chemosphere*, 291, 132822. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132822>

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Liu, G., Balaram, V., Ribeiro, A. R. L., Lu, Z., ... & Crini, G. (2022). Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2311-2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01447-4>

Näslund, J., Asker, N., Fick, J., Larsson, D. J., & Norrgren, L. (2020). Naproxen affects multiple organs in fish but is still an environmentally better alternative to diclofenac. *Aquatic Toxicology*, 227, 105583. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105583>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). Agua y Cambio climático. UNESCO. [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unesco\\_informe\\_mundial\\_de\\_las\\_naciones\\_unidas\\_sobre\\_el\\_desarrollo\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_2020\\_agua\\_y\\_cambio\\_climatico\\_datos\\_y\\_cifras\\_2020.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unesco_informe_mundial_de_las_naciones_unidas_sobre_el_desarrollo_de_los_recursos_hidricos_2020_agua_y_cambio_climatico_datos_y_cifras_2020.pdf)

Papaioannou, C., Geladakis, G., Kommata, V., Batargias, C., & Lagoumintzis, G. (2023). Insights in Pharmaceutical Pollution: The Prospective Role of eDNA Metabarcoding. *Toxics*, 11(11), 903. <https://doi.org/10.3390/toxics11110903>

Parolini, M. (2020). Toxicity of the Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) acetylsalicylic acid, paracetamol, diclofenac, ibuprofen and naproxen towards freshwater invertebrates: A review. *Science of The Total Environment*, 740, 140043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140043>

Pérez-Madruga, Y., López-Padrón, I., & Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200010&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200010&script=sci_arttext&tlng=pt)

Prakash, S. (2021). Impact of Climate change on Aquatic Ecosystem and its Biodiversity: An overview. *International Journal of Biological Innovations*, 3(2). <https://doi.org/10.46505/IJBI.2021.3210>

- 
- Reynolds, J. E. F. (1993). Martindale, The Extrapharmacopoeia. 30th edition, The Pharmaceutical Press, London, pp. 25-26. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=996313>
- Rivera-Aguirre, J. (2021). Abuso y contraindicaciones en el uso de antiinflamatorios no esteroideos. *Revista de Educación e Investigación en*, 66. [https://medicinadeemergencias.com/portadas/reie\\_21\\_3\\_2.pdf#page=25](https://medicinadeemergencias.com/portadas/reie_21_3_2.pdf#page=25)
- Rodríguez Andújar, A. B. (2020). Compuestos farmacéuticos en ecosistemas acuáticos: Evidencias de su toxicidad en el organismo modelo *Daphnia magna*. Universidad de Jaén. <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/12301?mode=full>
- Rojas Vásquez, D.A. (2021). Evaluación de encapsulados para el control de contaminantes emergentes en aguas. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8439>
- Romero García, X., Labra López, L., & Jiménez Vargas, S. (2022). Adaptación de cepas del género *Pseudomonas* provenientes de composta para la degradación de naproxeno sódico. <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/5575>
- Silva Agredo, J., Giraldo Aguirre, A. L., & Torres Palma, R. A. (2013). Degradación sonocquímica de naproxeno modelo para el tratamiento de aguas que contienen productos farmacéuticos. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/29361>
- Teherán, E., Faraji, A. R., Shojaei, N., Shahinmehr, S., Najafi, A., Hekmatian, Z., ... & Bornas, B. (2023). An overview of the characteristics, toxicity, and treatment methods for the degradation of pharmaceutically active compounds: Naproxen as a case study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(6), 111575. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111575>
- Trombini, C., Blasco, J., & Hampel, M. (2020). Ibuprofen and diclofenac: effects on freshwater and marine aquatic organisms—are they at risk?. *Non-steroidal anti-inflammatory drugs in water: emerging contaminants and ecological impact*, 161-189. [https://doi.org/10.1007/698\\_2020\\_548](https://doi.org/10.1007/698_2020_548)
- Tyumina, E. A., Bazhutin, G. A., Cartagena Gómez, A. D. P., & Ivshina, I. B. (2020). Non-steroidal anti-inflammatory drugs as emerging contaminants. *Microbiology*, 89, 148-163. <https://doi.org/10.1134/S0026261720020125>
- Wojcieszynska, D., & Guzik, U. (2020). Naproxen in the environment: its occurrence, toxicity to nontarget organisms and biodegradation. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(5), 1849-1857. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10343-x>
- Xu, C., Niu, L., Guo, H., Sun, X., Chen, L., Tu, W., ... & Liu, J. (2019). Long-term exposure to the non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) naproxen causes thyroid disruption in zebrafish at environmentally relevant concentrations. *Science of the total envi-*

---

ronment, 676, 387-395. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.323>

Zarazúa Morín, M. E., Alfaro Cruz, M. R., & Torres Martínez, L. M. (2024). Medicamentos y sus consecuencias como contaminantes emergentes. *Ciencia UANL*, 27(123), 8-15. <https://www.researchgate.net/publication/377354872>

Zenker, A., Cicero, M. R., Prestinaci, F., Bottoni, P., & Carere, M. (2014). Bioaccumulation and biomagnification potential of pharmaceuticals with a focus to the aquatic environment. *Journal of environmental management*, 133, 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.017>



ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

## CAMBIEMOS PASTURAS INTRODUCIDAS POR BANCOS MIXTOS DE FORRAJE CON ESPECIES NATIVAS COMO ALTERNATIVA PARA DISMINUIR LOS GASES EFECTO INVERNADERO EN LA GANADERÍA BOVINA DEL PIEDEMONTE AMAZÓNICO COLOMBIANO

*Let's change introduced pastures for mixed forage banks with native species as an alternative to reduce greenhouse gases in cattle farming in the Colombian Amazon foothills*

**Keli Mayerli Hoyos Samboni<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0000-8099-3126>

 [kel.hoyos@udla.edu.co](mailto:kel.hoyos@udla.edu.co)

**Angie Lisbet López Leyton<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0004-1476-8907>

 [angiel.lopez@udla.edu.co](mailto:angiel.lopez@udla.edu.co)

**Paula Andrea Rios Parra<sup>4</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-7436-4013>

 [p.rios@udla.edu.co](mailto:p.rios@udla.edu.co)

**Faver Álvarez Carrillo<sup>2,3,4</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0003-4282-1782>

 [f.avalrez@udla.edu.co](mailto:f.avalrez@udla.edu.co)

<sup>1</sup>Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad de la Amazonia

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Takay, Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Sostenible- CIIDES S.A.S. BIC, Florencia

<sup>3</sup>Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad de la Amazonia, Florencia Caquetá, Colombia.

<sup>4</sup>Laboratorio de Evaluación de forraje y Nutrición Animal, Centro de Investigaciones CIMAZ Macagual, Universidad de la Amazonia, Florencia Caquetá, Colombia

Fecha recepción: 15 de Mayo de 2023 / Fecha Aprobación: 30 de Mayo 2023 / Fecha Publicación: 14 de Agosto 2023

### RESUMEN

En Colombia la ganadería bovina cuenta con una población de 29.642.539 cabezas de ganado ubicando al departamento del Caquetá en el puesto cinco, según el ranking nacional del hatu ganadero lo que representa el 7,4% de la población bovina nacional. La ganadería bovina, trabaja bajo el sistema de producción que opera en modelos de tipo extensivo con niveles de baja carga animal, donde su principal fuente de alimentación es la pastura, lo que ha generado el reemplazo de áreas boscosas por zonas de pastoreo basadas en monocultivos. Por ello el objetivo fue recopilar información sobre la ganadería bovina en el piedemonte amazónico y las alternativas de alimentación animal basadas en gramíneas, arbustivas y especies arbóreas nativas con potencial forrajero para disminuir los gases efecto invernadero. Por lo anterior, si se quiere lograr

### Cómo citar:

Hoyos Samboni, K. M., López Leyton, A. L., Rios Parra, P. A. & Álvarez Carrillo, F. (2023). *Cambiamos pasturas introducidas por bancos mixtos de forraje con especies nativas como alternativa para disminuir los gases efecto invernadero en la ganadería bovina del piedemonte amazónico colombiano*. FAGROPEC, 15 (2), ppt. 64-74. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v15n2a5>



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

---

un equilibrio entre ganadería y medio ambiente los sistemas semi intensivos o silvopastoriles son una mejor opción, permiten a los productores tener un manejo tecnificado para el bienestar de los animales, convirtiéndose en alternativa para mitigar los GEI y el aprovechamiento de pasturas nativas junto con las arbustivas forrajeras que brindan una mayor posibilidad de protección y conservación hacia los corredores biológicos de la zona.

**Palabras claves:**

Gases efecto invernadero (GEI), ganadería, forrajes nativos, cambio climático, medio ambiente.

**ABSTRACT**

In Colombia, cattle farming has a population of 29,642,539 heads of cattle, placing the department of Caquetá in fifth place, according to the national ranking of the cattle herd, which represents 7.4% of the cattle population. national. Bovine livestock works under a production system that operates in extensive models with low animal load levels, where its main source of food is pasture, which has generated the replacement of forested areas with grazing areas based on monocultures. Therefore, the objective was to collect information on cattle farming in the Amazon foothills and animal feeding alternatives based on grasses, shrubs and native tree species with forage potential to reduce greenhouse gases. Therefore, if you want to achieve a balance between livestock and the environment, semi-intensive or silvopastoral systems are a better option, they allow producers to have technical management for the well-being of the animals, becoming an alternative to mitigate GHGs and the use of native pastures along with forage shrubs that provide a greater possibility of protection and conservation towards the biological corridors of the area. To promote these practices in the area, it is necessary to generate an impact on producers, especially in the rural community through technical assistance projects and periodic training throughout the year, with a focus on the use of native forages of the Amazon region in livestock feed. beef that allows sustainable and environmentally friendly livestock farming.

**Keywords:**

Greenhouse effect gases (GHG), cattle raising, native forages, climate change environment.

.....

**INTRODUCCIÓN**

En Colombia la ganadería bovina cuenta con una población de 29.642.539 cabezas de ganado (Instituto colombiano Agropecuario [ICA], 2023) ubicando al departamento del Caquetá en el puesto cinco, según el ranking nacional del hato ganadero lo que representa el 7,4% de la población bovina nacional (Torrijos, 2022). La ganadería bovina, trabaja bajo el sistema de producción que opera en modelos de tipo extensivo con niveles de baja carga animal, donde su principal fuente de alimentación es la pastura, lo que ha generado el reemplazo de áreas boscosas por zonas de pastoreo basadas en monocultivos (Marín et al., 2017). Este sistema de explotación ha ocasionado que aproximadamente el 77% de los suelos en zonas ganaderas presente algún grado de degradación, ocasionado por el pisoteo y la falta de implementación de prácticas adecuadas de manejo, como la renovación de pasturas manifestadas en forrajes de baja calidad y menor consumo por animal (Castro et al., 2008; Murgueitio et al., 2011; Contreras et al., 2020). Los sistemas agropecuarios se encuentran catalogados como emisores de los tres prin-

cipales gases de efecto invernadero (GEI): metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) que contribuyen al Cambio Climático (CC) (Hernández & Corona, 2018; Pachauri et al., 2014). Siendo atribuidos a la ganadería el 53% de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) producidos por la fermentación entérica de los rumiantes (Charmley et al., 2015) el 29% de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) atribuido a los procesos de fertilización ureica proceso que ocurre en la agricultura (Gerber et al., 2013), y la transformación de las áreas boscosas, en suelos con pastizales, reduciendo el carbono acumulado en el suelo generando niveles de CO<sub>2</sub> (Perez-Ramirez et al., 2013).

La búsqueda de alternativas que mitiguen los efectos negativos del suelo y la reducción de los GEI, se ha direccionado hacia los sistemas agroforestales y silvopastoriles (Restrepo et al., 2016; Montagnini et al., 2015;). Viéndolas como propuestas económicas y ambientales viables a corto y largo plazo, esta relación entre gramíneas, arbustivas y arbóreas, frutales o maderables son capaces de generar una interacción para optimizar el volumen de materia orgánica, mejorando de esta forma las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo logrando el desarrollo de los cultivos para alimentación animal (Sotelo et al., 2017). Por ello el objetivo fue recopilar información sobre la ganadería bovina en el piedemonte amazónico y las alternativas de alimentación animal basadas en gramíneas, arbustivas y especies arbóreas nativas con potencial forrajero para disminuir los gases efecto invernadero.

## DESARROLLO DEL TEMA

### *Ganadería bovina en el Caquetá*

El departamento del Caquetá, al ser parte de la Amazonía colombiana, cuenta con abundante riqueza medioambiental con buenas fuentes hídricas y un área considerada de bosques nativos (Enciso et al., 2018). Sin embargo, la ganadería bovina es la producción pecuaria más grande, sus espacios se destinan para el desarrollo de pasturas en el modelo extensivo generando una baja eficiencia en el uso del suelo acompañado de una gran afectación al ambiente, por causa de la deforestación, quemas y pisoteo produciendo pérdida en la biodiversidad catalogando así la ganadería como el sector que más daño le genera al medio ambiente (Muñoz et al., 2022; Ambus, 2018).

El sistema productivo, según Torrijos (2022), el Caquetá cuenta con un hato de 2'175.065 cabezas de animales, distribuidos en lechería y ceba con un 3%, cría 9% y doble propósito 88%, con una producción de leche/ día de 1'873.482, estas relaciones productivas no han sido suficientes ya que la producción de leche/vaca/día esta en un 8,6%, lo que resulta en un promedio bajo para sostenibilidad, teniendo en cuenta que este tipo de sistemas en condiciones de monocultivo no son resilientes ante los fenómenos de variabilidad y cambio climático resultando en pérdidas económicas altas, ante las alteraciones ambientales, sequías e inundaciones (Tapasco et al., 2015).

Para los ganaderos, la implementación de especies arbóreas resulta perjudicial para el desarrollo de las pasturas, ocupando hasta 1.8 hectáreas para la explotación ganadera basada principalmente en el uso de monocultivos como son las *Urochloa* desde 1970,

limitando y eliminando pastos nativos como *Paspalum spp* y *Axonopus spp* dado el avanzado estado de degradación de la tierra (Marín et al., 2017; Ramírez y Seré, 1990). Actualmente la cobertura de pastizales para la ganadería tiene una superficie de 3'761.400 hectáreas, transformando cada día más las áreas boscosas en sistemas extensivos no sostenibles (Armenteras et al., 2019).

### **Producción de GEI de acuerdo a la alimentación en las producciones bovinas**

Estudios revelan que la emisión de gases producidos por el proceso de fermentación ruminal está dado por las características físico-químicas presentes en la dieta que consumen los bovinos (Yunga, 2022), es por ello que dentro de las estrategias de alimentación se provee diversidad de dietas incluyendo especies de gramíneas y leñosas forrajeras que brindan un excelente aporte nutricional buscando siempre un equilibrio energía: proteína disminuyendo así el impacto ambiental por emisión de GEI (Rojas, 2019).

Las emisiones de gases, para el departamento del Caquetá según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] 2020, genero 1,84 Mton CO<sub>2</sub>eq anuales, convirtiéndolo en responsable de 9% de las emisiones de GEI, sin embargo, las categorías que lo comprenden se destinan a el balance de carbono de bosque natural convertido en otras tierras forestales produciendo 11,23 Mton CO<sub>2</sub>eq y bosques naturales convertidos en pastizales, generando deforestación, producen un 5,36Mton CO<sub>2</sub>eq, sumando entre ellas 83,6% del total de emisiones de GEI del departamento, por ello el uso inadecuado de la tierra y su aprovechamiento nada efectivo debe transformarse para mantener una ganadería sostenible y sustentable con el ambiente (Clerici et al., 2020). De esta forma el sistema de ganadería doble propósito se encuentra caracterizado por una baja carga animal (0,35 - 1,71 UGG/ha) y emisiones de GEI de 19,6kg CO<sub>2</sub>eq/kg de carne y 1,63kg de CO<sub>2</sub>eq/L de leche, logrando demostrar que el 85% de estas emisiones, provienen de los procesos de la fermentación ruminal (Enciso et al., 2018).

### **Pasturas implementadas en la alimentación bovina y aporte de plantas forrajeras**

De acuerdo con Armenteras et al. (2019) la producción bovina en territorios amazónicos como el departamento del Caquetá la sostiene un área de pasturas de 4.130.707ha, con gramíneas introducidas del género *Urochloa*, como *U. decumbens* (pasto amargo), *U. humidicola* (pasto dulce), *U. brizantha cv. marandú*, *U. brizantha cv. toledo*, *U. brizantha cv. Piatá*, *U. humidicola cv. Llanero* y *U. ruziziensis* (Celis et al., 2021), gramíneas con bajo contenido proteico, pero que han logrado adaptarse al ser rusticas para la zona húmeda tropical, es por ello que se opta por la implementación de dietas que brinden una mejora en la calidad nutricional de la alimentación para la producción bovina utilizando plantas forrajeras nativas del piedemonte amazónico (Rivera et al., 2022).

Gaviria et al., (2020) estableció que, al suministrar dietas con mayor calidad nutricional, se obtiene mayor digestibilidad, menor contenido de fibras reduciendo la intensidad de la emisión de gases y el gasto energético aprovechando los forrajes nativos de la región. Por su parte Cardona et al., (2022) al realizar ciertas investigaciones descubrió que el forraje joven posee mayor cantidad de hojas por ende presenta mayor cantidad de azú-

car libre y almidón lo que hace que se digiera fácilmente acortando su paso por el rumen produciendo menor cantidad de CH<sub>4</sub>, generando incremento en la producción de leche y carne. La selección de leguminosas forrajeras, gramíneas y leñosas perennes, contribuyen a la productividad de la tierra, logrando contrarrestar los efectos del cambio climático sobre los animales su comportamiento y productividad en pastoreo (Álvarez et al., 2021; Blackshaw y Blackshaw, 1994;).

La identificación de especies forrajeras de utilidad es el principal trabajo del ganadero, según Angel-Sanchez et al., (2017), un estudio realizado en el municipio de San Vicente del Caguán, encontraron 84 especies arbóreas y arbustivas forrajeras útiles para los sistemas ganaderos, como la *Zygia longifolia*, que tiene un uso multivariado generando servicios para sombra, mitigación del cambio climático, conservación de fuentes hídricas y como arboles dispersos en potreros, de esta forma, se debe observar aquellas especies con crecimiento rápido. Otros estudios, evidencian la eficiencia del *Piptocoma discolor*, considerado como una especie de alta producción forrajera y buena calidad nutricional para la alimentación animal (Gonzales et al., 2018), su crecimiento en condiciones naturales es lenta, sin embargo, con la implementación de tratamientos pre germinativos su efecto es rápido (Álvarez et al., 2022; Abril-Santos et al., 2017; Mendoza y León, 2012). El lograr identificar especies como *E. poeppigiana*, (Espeche et al., 2020) *C. fairchildiana* (Vale-Montilla, 2019), *P. discolor* (Hurtado y Guayara, 2013) y *G. ulmifolia* (Matulevich y Garcia, 2016) con potenciales como alternativa para alimentación, resistentes en cambios de precipitación, con presencia de escasas forrajera, que se adapten a suelos degradados y de baja fertilidad y que garanticen supervivencia, persistencia y crecimiento es lo que necesita la amazonia colombiana para cambiar el sistema ganadero y que mejore la productividad y reproductividad.

El aprovechamiento de las gramíneas y leguminosas para mejorar la productividad forrajera y la materia seca como: *Saccharum officinarum* (Gómez–Merino, 2017), *Sorghum vulgare* (Katherine, 2021), *Heliconia rostrata* (Sotelo et al., 2017), *Arachis pintoi* (Castañeda et al., 2016) que aporta en proteína cruda entre 17 y 20%, *Calathea lutea* (Sotelo et al., 2017) y según Sánchez y Cajamarca (2016), las pasturas como *Pennisetum purpureum*, *Pennisetum cuba OM22* y *Zea maíz* brindan un buen rendimiento en biomasa, además de aportar de 15 a 18% de proteína (Martinez, 2009). Las plantas arbóreas que según Delgado et al. (2023) son aptas para la zona son la *Trichanthera gigantea*, *Piptocoma discolor*, *Bahuinia picta*, *Zygia longifolia*, *Tithonia diversifolia*, *Morus alba*, *Piper aduncum* y *Gliricida sepium* que a su vez brindan mejores ganancias económicas en la producción debido al incremento en consumo y el aprovechamiento que se da en el organismo animal.

### **Aportes de la Calidad Nutricional en la producción bovina**

Díaz et al., (2015) establece que la calidad nutricional es la capacidad que pueden brindar especies vegetales como gramíneas, leguminosas o pastos para satisfacer los requerimientos que necesita el animal para cumplir con los niveles productivos y reproductivos para los cuales son destinados, destacando que cuanto más alta es la calidad de un fo-

---

rraje mayor va a ser la palatabilidad y así mismo el aprovechamiento alimenticio.

Como bien se ha dicho los árboles, arbustos y leñosas se han convertido en elementos claves en el área productiva brindando sombra y gran aporte nutricional como también en la conservación de la biodiversidad, disminución de la deforestación y degradación de los suelos (Cabrera y Núñez 2019). Según investigaciones se ha logrado obtener información de gran importancia referida a algunos árboles y arbustos nativos de Mesoamérica que tienen la capacidad de producir gran cantidad de proteína cruda que oscila entre un 14% y 32% con una producción de biomasa forrajera entre 7 y 14 t/ha/año de MS sembrados bajo una densidad estandarizada entre 20.000 a 40.000 plantas/ha cortándolas a los 3 y 6 meses de sembradas (Narváez et al., 2023).

Como bien se ha dicho el objetivo es lograr una reducción considerable en la producción de CH<sub>4</sub> por parte de los bovinos para así disminuir la emisión de GEI y mejorar la productividad animal, para ello se opta por implementar dietas a base de P, discolor ya que posee un alto contenido proteico que es fundamental para la nutrición de los bovinos (Riascos et al., 2020).

## CONCLUSIONES

La ganadería bovina es aquella actividad que se ha catalogado como la principal productora de GEI en el sector agropecuario, es por ello que para mitigar un poco esta situación en la actualidad se trabaja en nuevas alternativas, enfocadas hacia la parte alimenticia, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y del suelo se plantea incluir en gran parte aquellas especies nativas del departamento como algunas gramíneas y leñosas destacando aquellas con gran valor proteico como lo son *Piptocoma discolor*, *Trichantea gigantea*, *Bahuinia picta*, *Tithonia diversifolia*, *Gliricida sepium*, *Morus alba*, *Piper aduncum* y *Zygia longifolia* puesto que podrán expresar su máximo potencial nutritivo y no se verán afectadas por las condiciones agroclimáticas del departamento.

Al implementar nuevas dietas alimenticias en la producción bovina se disminuirá el gasto energético en el animal ya que cumplirá con sus requerimientos nutricionales sin necesidad de caminar y ramonear extensas áreas de pasturas degradadas, lo que genera una mayor digestibilidad ruminal, un mayor descanso en el animal reflejado en la ganancia de peso y productividad lechera, a raíz de esto se obtienen grandes beneficios tanto ambientales con la reducción de GEI principalmente CH<sub>4</sub> y económicos con altos ingresos monetarios para garantizar una calidad de vida en el núcleo familiar del ganadero.

## BIBLIOGRAFÍA

Abril, R., Vásquez, T. R., Lazo, J. A., & Murillo, G. C. (2017). Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 703-717.

Álvarez, F., Casanoves, F., Suárez, J. C., & Pezo, D. (2021). The effect of different levels

---

of tree cover on milk production in dual-purpose livestock systems in the humid tropics of the Colombian Amazon region. *Agroforestry Systems*, 95, 93-102.

Álvarez, F., Sterling, A., & Parra, P. A. R. (2022). Germinative capacity of native plant species with forage potential under tropical rainforest conditions at the mountain-foot. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 21(3), 238-246.

Armenteras, D., Murcia, U., González, T. M., Barón, O. J., & Arias, J. E. (2019). Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest intactness. *Global Ecology and Conservation*, 17, e00567 <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00567>.

Blackshaw JK, Blackshaw AW (1994) Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: A review. *Aust J Exp Agric* 34:285–295. <https://doi.org/10.1071/EA9940285>.

Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., RojasRonquillo, R., & Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico veterinario*, 9, Article 913. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.913>

Cardona, J. L. C. I., Rincón, E. C., Gelpud, C. G., Valenzuela, M., Peña, L. M. R., & Estrada, M. F. U. (2022). Especies arbustivas con potencial forrajero en el trópico altoandino. Manual para actores del sector agropecuario. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) eBooks. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405774>

Carmona Et al; (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Scielo.org. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>

Castro, R. E., RJE, M., León, J. M., Pabón, M. L., Carulla, F. J. E., & Cárdenas, R. E. A. (2008). Productividad de pasturas y producción de leche bovina bajo pastoreo de gramínea y gramínea+ lotusuliginosus en mosquera, Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 55(1), 9-21.

Castañeda, N., Alvarez, F., Arango, J., Chanchy, L., Garcia, G., Sanchez, V., Solarte, A., Sotelo, M., & Zapata, C. (2016). Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá, Colombia. [chaira.uniamazonia.edu.co](http://chaira.uniamazonia.edu.co). <https://chaira.uniamazonia.edu.co/Chaira/View/Private/Desktop.aspx>

Charmley, E. S. R. O., Williams, S. R. O., Moate, P. J., Hegarty, R. S., Herd, R. M., Oddy, V. H., ... & Hannah, M. C. (2015). A universal equation to predict methane production of forage-fed cattle in Australia. *Animal Production Science*, 56(3), 169-180.

Clerici, N., Armenteras, D., Kareiva, P., Botero, R., Ramírez-Delgado, J. P., Forero-Medi-

- na, G., ... & Biggs, D. (2020). Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific reports*, 10(1), 4971.
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., & Falla-Guzmán, C. K. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe Colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29-41.
- Díaz Barcos, V., & Callejo Ramos, A. (2004). Calidad del forraje y del heno. *BOVIS. Aula Veterinaria. Conservación de Forrajes I*, (120), 55-64.
- Enciso, K., Bravo Parra, A. M., Charry, A., Rosas Sandoval, G., Jager, M., Hurtado Bermudez, J. J., ... & Burkart, S. (2018). Estrategia sectorial de la cadena de ganadería doble propósito en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestación. Publicación CIAT.
- Espeche, M., García, M., & Reyes, N. (2020). Estudio palinológico preliminar en especies de *Erythrina* (Fabaceae) presentes en Argentina. *Lilloa*, 57(2), 144-155.
- Gaviria, X., Bolívar, D., Rosenstock, T. S., Molina-Botero, I. C., Chirinda, N., Barahona, R., & Arango, J. (2020). Nutritional quality, voluntary intake and enteric methane emissions of diets based on novel Cayman grass and its associations with two *Leucaena* shrub legumes. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.579189>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization. Retrieved December 6, 2019, from <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>
- Gómez-Merino, F. C. (2017). Caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la alimentación de rumiantes: experiencias generadas con cañas forrajeras. *Agro Productividad*, 10(11).
- González, J. E., Papue, A., González, V., Borja, A., & Oliva, D. (2018). Crecimiento y conservación de *Piptocoma discolor* (Pigüe) en la Provincia de Pastaza, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(3), 366-379.
- Hernández, J. H., & Corona, L. (2018). El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema? *Agroproductividad*, 11(2), 46-51.
- Hurtado, E. A., & Suárez, Á. G. (2013). Potencial de uso de *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski en sistemas silvopastoriles. *Ingenierías & Amazonia*, 6(1).
- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. (2023). <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>.
- IDEAM [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales]. 2020, Sistema de

---

monitoreo de bosques y carbono.

- Marín, M., Rios, L. , Rios, L. , Ramos, L. R., & Charry, J. L. A. Almarío J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y región*, 17, 1-12. <https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325>
- Martínez, VJB, Parra, GAC, Muñoz, MG, & Capdevilla, DAG (2021). Caracterización de sistemas de producción porcina en el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y recursos forestales no maderables en la alimentación animal. *Conocimiento global* , 6 (S2), 134-155.
- Martínez, R. O., Herrera, R. S., & Tuer, R. (2009). Hierba elefante. Variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* Sp). *Revista ACP. Asociación Cubana de Producción Animal*.
- Matulevich Pelaez, J. A., & Garcia Rodríguez, J. (2016). Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae). *Scientia et Technica*, 21(3), 269–272. <https://doi.org/10.22517/23447214.13061>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico*.
- Motta-Delgado, P. A., Muñoz-Murcia, A. L., & Herrera-Valencia, W. Uso de árboles y arbustos en sistemas ganaderos en el suroccidente del departamento del Caquetá1.
- Muñoz, M. G., Martínez, V. J., & parra, G. A. (2022). caracterización de los sistemas de producción bovinos en el aprovechamiento de los recursos no maderables del bosque (RNMB) y subproductos agroindustriales para la alimentación animal. En *Aprovechamiento de RNMB y subproductos agroindustriales en la alimentación de Bovinos y Porcinos bajo condiciones del trópico húmedo* (pág. 37). Florencia- Caquetá: Universidad de la Amazonia.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654-1663.
- Narváez-Herrera, J. P. (2023). Arbustivas y arbóreas del Piedemonte amazónico colombiano: potencial nutricional y ambiental en sistemas ganaderos. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43774930009>
- Pachauri, R. K., Meyer, L. A., & Stocker, T. (Eds.) (2014). *IPCC 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de evaluación del panel intergubernamental sobre el cambio climático*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/>

---

uploads/2018/02/ SYR\_AR5\_FINAL\_full\_es.pdf.

Pérez-Ramírez, S., Ramírez, M. I., Jaramillo-López, P. F., & Bautista, F. (2013). Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: reserva de la biosfera mariposa monarca, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1), 157–173. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.042>

Pineda, J. A. (2023). Plantas Leñosas. *encolombia.com*. <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/plantas-lenosas/>.

Ramírez S, A., & Seré Rabé, C. (1990). *Brachiaria decumbens* en el Caquetá: adopción y uso en ganadería de doble propósito.

Restrepo, E. M., Rosales, R. B., Estrada, M. X. F., Orozco, J. D. C., & Herrera, J. E. R. (2016). Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23-30.

Rios Moyano, D. K., Conde Pulgarín, A., & Rios Moyano, C. F. (2021). Productividad y sostenibilidad del cultivo de sorgo forrajero como alternativa para la alimentación de rumiantes.

Riascos-Vallejos, A., R., Reyes-González, J. J., & Aguirre-Mendoza, L. A. (2020). Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(2), 1–9. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/951/1032>.

Rivera, JE, Villegas, G., Chará, J., Durango, SG, Romero, MA, & Verchot, L. (2022). Efecto del consumo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Grey sobre la emisión in vivo de metano (CH<sub>4</sub>) y la producción de leche en vacas de doble propósito en el piedemonte amazónico colombiano. *Ciencia Animal Traslacional* , 6 (4), txac139.

Rojas Lopez, T. (2019). MECANISMOS DE NUTRICIÓN ANIMAL PARA REDUCIR EL EFECTO INVERNADERO. *Repository.unad*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25376/tarojasl.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sánchez Villanueva, B. Y., & Cajamarca Martínez, D. S. (2016). Evaluación de una mezcla de cuatro especies forrajeras en alimentación de ganado cebú comercial en etapa de levante.

Sotelo, M., Suarez, J. C., Álvarez, F., Castro, A., Calderon, V. H., & Arango, J. (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. *Vision Amazonia*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89088>.

Stuble, K. L., Bennion, L. D., & Kuebbing, S. E. (2021). Plant phenological responses to

---

experimental warming—A synthesis. *Global Change Biology*, 27(17), 4110-4124. <https://doi.org/10.1111/gcb.15685>

Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D. A., Álvarez, A., ... & Ludeña, C. E. (2015). Impactos económicos del cambio climático en Colombia: Sector ganadero.

Torrijos Rivera, Rafael (2022). *Cifras de Contexto ganadero Caquetá 2022*. Ed. Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá. Florencia. Caquetá. Colombia. 32p.

Vanegas, W. L. E. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. *Revista multi-ensayos*, 4(7), 47-54. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v4i7.9493>

Vale-Montilla, C. (2019). Efecto de hormonas vegetales en la germinación de semillas de Sombrero (*Clitoria fairchildiana* RA Howard). *Revista Academia*, 18(42) 49–63

Yunga Alava, D. C. (2022). *Rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022)*.