



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Impacto de prácticas ambientales en la ganadería tradicional del trópico bajo: Revisión bibliográfica

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de Medicina veterinaria.
Programa de Medicina Veterinaria.

Autores: Keila Marcela Julio Humanes.
Manuela García Zapata
Tutor: Ciro Alexander Montañez Rubiano
Opción de Trabajo de grado Seminario-Diplomado.
2026

Dedicatoria

Esta dedicatoria es principalmente para Dios por nunca soltar mi mano, por recorrer conmigo este camino que, aunque muchas veces se tornó difícil él me sostuvo y me mostró que con él podemos lograrlo todo.

A mis padres y hermanos, por ayudarme, por ser mi apoyo y por enseñarme que nunca debemos rendirnos ante las adversidades de la vida que por más que el camino se tornará difícil ellos siempre estarían ahí para darme aliento y para escucharme, a mis amigas, por sacarme una sonrisa, por mostrarme que en medio de los días malos siempre habrá un motivo para sonreír y para volver a empezar de nuevo, a mi novio, por estar para mí en todo momento, por enseñarme a no conformarme con nada y a ver el lado bonito en cada momento y mi hija, que, aunque llegaste en el último momento me enseñaste a que todo lo que me proponga lo puedo lograr, eres mi motor y y mi mayor bendición, gracias por ser parte de este camino.

Agradecimientos

Primeramente, infinitas gracias a Dios, porque sin Él nada de esto hubiese sido posible. Gracias por ser mi guía en cada paso del camino, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por no permitirme rendirme cuando sentía desfallecer.

A mis padres, por todos sus esfuerzos, sacrificios y apoyo incondicional. Gracias por sus consejos, sus palabras de aliento en los momentos en que quería renunciar, por confiar siempre en mí y por impulsarme a seguir adelante. Este logro también les pertenece.

A mis hermanos, por estar siempre presentes y brindarme su apoyo en cada etapa de este proceso.

A mis amigas, quienes compartieron conmigo días de esfuerzo, cansancio e incertidumbre, momentos en los que sentíamos que no lo lograríamos, pero aun así siempre nos motivamos y apoyamos mutuamente. En especial, a Paula Merino, quien fue un pilar fundamental para mí.

Gracias por brindarme tus conocimientos y tu ayuda constante

A mis profesores, por su paciencia, dedicación, vocación y por compartir conmigo sus conocimientos, consejos y enseñanzas que fueron esenciales en mi formación profesional

A mi tutor, Doctor Ciro Montañez, por su paciencia, orientación, acompañamiento y valiosas enseñanzas durante el desarrollo de este proyecto.

Tabla de Contenidos

Resumen.....	5
Palabra clave.....	5
Pregunta orientadora de la búsqueda	6
Metodología de búsqueda de la información.....	7
Sustentación teórica de la pregunta.....	8
Conclusiones.....	11
Referencias.....	12
Anexos	13

Resumen

El presente estudio corresponde a una revisión bibliográfica narrativa sobre impacto de las prácticas de manejo ambiental en la sostenibilidad de la ganadería bovina extensiva en el trópico bajo. La investigación analizó 22 artículos, donde se evidencia que el sistema productivo está estrechamente relacionado con procesos de deforestación, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, se identificó que el pastoreo continuo y expansión de la frontera ganadera reducen la capacidad de los ecosistemas para secuestrar carbono afectando negativamente el balance climático. En consecuencia, el abordaje de la sostenibilidad en la ganadería del trópico bajo debe ser integrado combinando prácticas de manejo ambiental, e integración de conocimiento ecológico local, con el fin de lograr sistemas productivos y ambientales sostenibles.

Palabras clave

Ganadería tradicional, sostenibilidad, tropico bajo, impacto ambiental, biodiversidad

Abstract

This study is a literature review on the impact of environmental management practices on the sustainability of extensive cattle ranching in the low tropics. The research analyzed 22 articles, which demonstrate that the production system is closely linked to processes of deforestation, soil degradation, biodiversity loss, and increased greenhouse gas emissions. It was found that continuous grazing and the expansion of the livestock frontier reduce ecosystems' capacity to sequester carbon, negatively affecting the climate balance. Consequently, the approach to sustainability in low-tropical cattle ranching must be integrated by combining environmental management practices with the incorporation of local ecological knowledge, in order to achieve sustainable production and environmental systems.

Key words

Traditional livestock farming, sustainability, low tropics, environmental impact, biodiversity

Pregunta orientadora de la búsqueda

La ganadería bovina en el trópico bajo está fuertemente asociada con la deforestación, la degradación de suelos y las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la expansión de la ganadería extensiva sobre bosques tropicales y sabanas naturales (Sandoval et al. 2024) diversos análisis en América Latina indican que este sector representa aproximadamente el 23.5% de las emisiones ganaderas a nivel global y es responsable de aproximadamente el 70% de la deforestación asociada al uso agropecuario de las tierras Sudamérica (Palencia et al., 2021). En Colombia, se estima que la ganadería aporta alrededor del 14.7% de las emisiones totales de Gases de efecto invernadero (GEI) del país, a partir de los factores de la emisión utilizada en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. La mayor parte de la fermentación entérica y las excretas del ganado se concentra en regiones del trópico bajo, donde la transformación de bosques en pastizales representa el 18% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero en pastizales. La expansión de la ganadería bovina constituye una de las principales fuentes de emisión, evidenciando una alta intensidad de emisiones en estos ecosistemas según (Molina Benavides et al., 2017), además, en estos sistemas, la suplementación con concentrados ricos en carbohidrato fácilmente fermentable en vacas lecheras incrementa la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen. Este proceso favorece un mayor consumo de materia seca y mayor excreción de nitrógeno en heces y orina. En consecuencia, las deposiciones

en pastizales se conviertan en una fuente significativa de emisiones de óxido nitroso (López et al 2014)

Este modelo extensivo ha generado paisajes simplificados, con pérdida de biodiversidad, compactación del suelo y disminución de la materia orgánica, lo que reduce la capacidad de los sistemas ganaderos para sostener producciones estables frente a la creciente variabilidad climática.

Bajo este panorama, han surgido propuestas de gestión como la ganadería ecológica regenerativa (Hernández et al. 2024; Contreras-Santos 2021) busca indagar sobre la producción del ganado bovino con procesos que buscan restaurar el paisaje ecológico el aumento a través de métodos como la racionalización del pastoreo, el aumento de la vegetación arbórea y arbustiva, la diversificación de especies de forrajeras y un manejo enfocado en optimizar la fertilidad y estructura del suelo. Este enfoque no solo busca reducir los efectos adversos típicos de la ganadería, sino también mejorar la retención e infiltración de agua, incrementar la captura de carbono y fomentar los corredores de biodiversidad en los sistemas productivos.

En este contexto, surge la siguiente pregunta orientadora **¿cómo influyen las prácticas de gestión ambiental en la sostenibilidad ecológica de la ganadería en el trópico bajo colombiano?**

Metodología de búsqueda de la información

La recopilación de la información se realizó mediante una revisión bibliográfica

Criterios de inclusión

1. **Tipo de documento:** artículos de investigación originales, revisiones (narrativas o sistemáticas) reportes de caso, revistas relacionadas con ganadería bovina en el trópico bajo, sistemas ganaderos extensivos, sostenibilidad e impacto ambiental
2. **Año de publicación:** estudios publicados entre 2016 y 2026.
3. **Idioma:** documentos escritos en español o inglés.
4. **Accesibilidad:** disponibilidad de texto completo con acceso libre o institucional.
5. **Pertinencia temática:** en un primer cribado, se seleccionaron los documentos cuyo título y resumen evidenciaban relación directa con la ganadería del trópico bajo, el manejo extensivo y sus implicaciones ambientales.
6. **Idoneidad del contenido:** en un segundo cribado, se revisó con detalle el contenido de los documentos completos para evaluar su calidad metodológica, profundidad del análisis y pertinencia frente a los objetivos de la revisión, seleccionando solo aquellos que aportaran información sólida y relevante.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los documentos que cumplieron con algunos de los siguientes aspectos:

Publicaciones sin acceso a texto completo, repositorios, literatura gris, trabajos centrados en especies distintas al del ganado bovino, así como documentos duplicados o inconsistencias mitológicas que impidieran una adecuada evaluación de resultados.

Fuentes de búsqueda de información

Se emplearon bases de datos y portales académicos, con amplia cobertura en medicina veterinaria: PubMed, Lens y Springer Nature. Estas plataformas facilitaron el acceso a revisiones especializadas y estudios relevantes, respaldando de manera sólida las estrategias de revisión bibliográfica mediante información pertinente y actualizada.

Se elaboraron distintas combinaciones de palabras claves mediante las aplicaciones de operadores booleanos con AND y OR.

En español

(sostenibilidad ambiental O gestión sostenible) Y (sistemas ganaderos tradicionales O sistemas ganaderos extensivos) Y (zonas tropicales de tierras bajas O entornos tropicales) Y (impacto ambiental O conservación de ecosistemas)

En Ingles

(environmental sustainability OR sustainable management) AND (traditional cattle systems OR extensive livestock systems) AND (lowland tropics OR tropical environments) AND (environmental impact OR ecosystem conservation)

Procedimiento de búsqueda

Se aplicaron criterios de selección basados en idioma, la fecha de publicación y el tipo de acceso para reducir los resultados. En una primera fase de filtración, se examinaron los títulos y resúmenes para detectar las fuentes potencialmente relevantes, los cuales fueron organizados en el gestor bibliográfico Zotero. En la fase siguiente, se realizó un análisis más detallado de estas fuentes mediante su revisión completa guardadas en Zotero, seleccionando finalmente aquellas con que aportaban información relevante para el estudio.

Sustentación teórica de la pregunta

Una vez realizada la búsqueda en las bases de datos previamente seleccionadas, se utilizaron descriptores en inglés y español vinculados con “sostenibilidad ambiental” O “gestión sostenible” "sistemas ganaderos extensivos" O "sistemas ganaderos tradicionales" Y " zona trópicos O "zonas tropicales de tierras bajas" Y "impacto ambiental" O " conservación de ecosistemas "

Se obtuvo un total de 7,273 artículos y documentos en la fase inicial, posteriormente al aplicar los filtros según los criterios de inclusión y exclusión el número de resultados se redujo a 22 estudios potencialmente relevantes

Tabla 1. Fuentes de información y números de registros obtenidos

Base de datos	Artículos encontrados	Artículos incluidos
Springer Nature	4,054	9
Lens	3,212	12
Pubmed	7	1
TOTAL	7,273	22

Limitaciones: Una de las principales limitaciones identificadas en la revisión bibliográfica fue la distribución geográfica de la evidencia analizada dado que de 14 de los 22 estudios corresponden a contextos africanos mientras que solo tres investigaciones fueron desarrolladas específicamente en el trópico bajo colombiano.

Tabla 2. Impactos ambientales documentados

Prácticas	Aspecto afectado	Impacto reportado	Repercusión	Autor
Ganadería extensiva	GEI- N ₂ O	Las deposiciones de estiércol en pastizales son fuentes de N ₂ O	Gas de efecto invernadero con potencial de calentamiento. el CO ₂ ; impacto de largo plazo sobre el balance climático	Mgalula et al. (2021); Costa Jr et al. (2025)
Ganadería extensiva	Agua	Reducción de la disponibilidad hídrica en zonas bajas por degradación de ecosistemas	Afectación de la productividad ganadera del trópico bajo	Molina Benavides et al. (2019)
Silvopastoreo	GEI	Los SPS reducen las emisiones de CH ₄ entérico entre 15–25% en el trópico bajo colombiano	Potencial documentado de mitigación climática combinando productividad y conservación sin comprometer los medios de vida rurales	Tapasco et al. (2019); Adetola et al. (2025)
Fragmentación de pastizales y cambio de uso	Paisaje y conectividad	La fragmentación de pastizales por vallado y cambios de uso reduce la movilidad del ganado y genera sobreexplotación de áreas remanentes	Degradación localizada e intensiva del ecosistema ganadero restante; reducción de la biodiversidad del paisaje	Kimiti et al. (2018); Wynants et al. (2019)

Nota: Elaboración propia

Tabla 3. Medidas de manejo y estrategia de solución

Problema identificado	Estrategia propuesta	Tipo de manejo	Autor
-----------------------	----------------------	----------------	-------

Sobrepastoreo y degradación de pastizales tropicales	Implementación de pastoreo rotacional con periodos de descanso y límites de carga animal	Correctivo y preventivo	Gitau et al. (2025); Blake et al. (2018); Hezron et al. (2024)
Pérdida de carbono orgánico del suelo bajo pastoreo continuo	Transición de pastoreo continuo a manejo rotacional controlado para aumentar la fracción MAOC y POC del suelo	Correctivo	Gitau et al. (2025)
Alta intensidad de emisiones de metano en ganaderías extensivas	Adición de sistemas silvopastoriles para reducir emisiones de metano entre 15-25%	Preventivo	Tapasco et al. (2019)
Fragmentación de pastizales	Restauración de la gobernanza comunitaria de pastizales; corredores de conectividad para pastoreo estacional	Correctivo	Wynants et al. (2019); Kimiti et al. (2018)
Baja eficiencia productiva del sistema extensivo	Integración de sistemas cultivo-ganadería-bosque para aumentar la productividad	Preventivo	Pereira et al. (2024); Adetola et al. (2025)

Nota: Elaboración propia

1. La ganadería extensiva como vector de cambio en el uso del suelo en ecosistemas tropicales

La ganadería bovina en el trópico bajo ha sido históricamente uno de los principales motores de transformación del paisaje especialmente en regiones tropicales, donde la expansión de la frontera ganaderas a desplazado ecosistemas boscosos hacia grandes extensiones de pastizales, según Millstein (2025) en Amazonia la conversión de bosques a pasturas bajo un modelo extensivo ha sido un factor central de cambio en el uso del suelo siendo responsable de aproximadamente el 80% de la deforestación de la región, en este proceso no solo altera los procesos ecológicos locales, sino que también contribuyen significativamente a la pérdida de biodiversidad. Además de la devastación ecológica, la ganadería extensiva interrumpe ciclos fundamentales como el hidrológico, reduciendo la transpiración forastera y alterando los patrones de precipitación regional, lo que puede generar sequias y cambios climáticos a largo plazo.

Este sistema productivo, caracterizado por el uso extensivo de suelos y baja carga animal por hectáreas, ha contribuido significativamente a la deforestación, la degradación del suelo y el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero. La expansión de fronteras ganaderas sobre ecosistemas naturales ha generado una pérdida sustancial de biodiversidad y ha modificado los ciclos ecológicos esenciales para la sostenibilidad del sistema.

Tal como documenta (Ángel-Gaviria, 2024) en su análisis, este modelo rudimentario de pastoreo extensivo destruye hábitats críticos y contribuye a la extinción de especies. Esta problemática se intensifica por las emisiones de metano de los rumiantes y la liberación

de dióxido de carbono producto de la deforestación asociada, convirtiendo a la ganadería tradicional en un contribuyente significativo al cambio climático global

2. Alternativas sostenibles para la ganadería del trópico bajo

En respuesta a los impactos ambientales en la ganadería del trópico bajo han surgido diversas propuestas según (Moreno-Perez et al., 2025) han emergido como alternativa viables y prometedoras. Los sistemas silvopastoriles y el manejo rotacional de pasturas se han consolidado como estrategias que permiten mejorar sustancialmente la calidad del suelo, aumentar la productividad por hectáreas y reducir la presión sobre los ecosistemas naturales. Estas prácticas innovadoras contribuyen a establecer un mejor equilibrio entre la producción agropecuaria, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. En los sistemas silvopastoriles, la integración de árboles, arbustos forrajeros y pasturas favorece el reciclaje de nutrientes, incrementa el contenido de materia orgánica y mejora las propiedades físicas del suelo, lo que se traduce en mayor capacidad de infiltración y retención de agua, así como en una reducción de los procesos erosivos. A medida que estos sistemas maduran, se ha observado un aumento en la disponibilidad de biomasa vegetal, en la fertilidad del suelo y en la diversidad de la biota edáfica, aspectos clave para restaurar pastizales degradados en el trópico.

El estudio reciente de (Mayer, 2018) en sistemas ganaderos tropicales ha demostrado que la adopción de prácticas de manejo regenerativo, como los sistemas silvopastoriles y el pastoreo rotacional, mejora significativamente la salud del suelo, el secuestro de carbono y la provisión de servicios ecosistémicos, al tiempo que mantiene o incluso incrementa la

productividad ganadera. En particular, los sistemas silvopastoriles contribuyen de forma importante al almacenamiento de carbono tanto en el suelo como en la biomasa leñosa, disminuyen la compactación, aumentan la porosidad del suelo y favorecen la conservación del agua, lo que reduce la erosión y ayuda a recuperar pasturas degradadas. De manera complementaria, el manejo rotacional de pasturas permite una mejor recuperación del forraje, incrementa la producción de biomasa, mejora la calidad del pasto y disminuye la necesidad de suplementos externos, al tiempo que favorece la biodiversidad y la estabilidad del sistema productivo.

Discusión

Los hallazgos de la presente revisión bibliográfica sistemática, sustentada en 22 artículos publicados entre 2016 y 2026 en revistas científicas indexadas de alto impacto, permiten construir una lectura integrada y crítica sobre la relación entre la ganadería extensiva tradicional y el entorno ambiental del trópico bajo. El análisis del corpus evidencia que los impactos de esta actividad sobre los ecosistemas tropicales no son fenómenos aislados ni circunscritos a una región geográfica particular: la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y el deterioro de la cobertura vegetal nativa son patrones documentados de manera convergente en los pastizales del África subsahariana, la Amazonia brasileña, el Cerrado, los Llanos colombianos y el bosque seco caribeño, lo que otorga solidez ecológica a las conclusiones derivadas de este estudio y respalda su pertinencia para el contexto colombiano.

El primer hallazgo transversal del corpus es que la ganadería extensiva sin prácticas de manejo controlado constituye uno de los principales motores de degradación ambiental en el trópico bajo. (Mussa et al., 2017), a través de un análisis multitemporal de imágenes Landsat en los pastizales de tierras bajas de Bale documentaron la pérdida del 38% de la cobertura original de pastizales nativos entre 1985 y 2015, identificando el sobrepastoreo como el conductor primario de este cambio. Este resultado es coherente con los datos reportados por (Berhanu et al., 2016), quien evidenciar que el aumento de la presión pecuaria extensiva posterior al reasentamiento humano en el suroeste de Etiopía generó una reducción progresiva de la biomasa herbácea nativa y un incremento significativo de

suelo desnudo, condiciones que aceleran la erosión hídrica y eólica en ecosistemas de tierras bajas tropicales.

La dimensión física de esta degradación adquiere particular gravedad cuando se considera la perspectiva cuantitativa aportada por (Blake et al. 2018; Wynants et al. 2018), quienes midieron directamente tasas de erosión de hasta 30 Mg en pastizales de Tanzania sometidos a pastoreo continuo sin rotación. Esta cifra, obtenida mediante metodología de campo geomorfológica rigurosa, supera ampliamente los umbrales de tolerancia de la mayoría de los suelos tropicales y representa una pérdida irreversible de productividad ecosistémica en escalas de tiempo de décadas. (Wynants et al. 2019) profundizaron en la dimensión sistémica de este fenómeno al demostrar que la erosión en sistemas agropastorales del África Oriental no es simplemente el resultado de la presión pecuaria aislada, sino la consecuencia de la interrupción de sistemas co-adaptados de pastoreo móvil y gobernanza comunitaria, disrumpidos históricamente por políticas de sedentarización forzada, privatización de tierras y exclusión social. Esta perspectiva amplía el análisis del impacto ganadero más allá de lo biofísico para incorporar la dimensión institucional y de gobernanza como variable determinante de la sostenibilidad del pastoreo extensivo.

En Colombia, la investigación de (Molina Benavides et al. 2019) aportó una dimensión sistémica diferente, los bucles de retroalimentación entre la ganadería en ecosistemas de páramo y los efectos aguas abajo sobre el trópico bajo andino. Los resultados demostraron que la degradación de los páramos por presión pecuaria reduce la capacidad de regulación hídrica de estos ecosistemas, generando externalidades negativas sobre la disponibilidad

de agua en las zonas ganaderas bajas. Esta interconexión sistémica revela que el impacto ambiental de la ganadería extensiva no puede analizarse únicamente en el punto de producción, sino que debe considerar sus efectos en cascada sobre los servicios ecosistémicos hidrológicos que sustentan la productividad del trópico bajo colombiano.

La revisión documenta con solidez el impacto de la ganadería extensiva convencional sobre la biodiversidad de los ecosistemas tropicales, tanto en su dimensión vegetal como en la fauna asociada. Naah y Braun (2019), en un estudio con 180 comunidades agropastorales de Ghana, evidenciaron mediante índices de diversidad de Shannon y Jaccard que la diversidad de especies forrajeras nativas en los pastizales tropicales disminuye progresivamente como consecuencia del sobrepastoreo, las quemadas recurrentes y la presión del cambio climático. Este proceso no es únicamente una pérdida de biodiversidad en sentido ecológico estricto: como señaló Naah (2018) en su análisis etnoecológico cuantitativo previo, las especies forrajeras nativas seleccionadas y conservadas por las comunidades pastorales cumplen múltiples funciones en el agroecosistema, incluyendo la estabilización del suelo, la resistencia a la sequía y el mantenimiento de la cobertura estacional. La erosión de este conocimiento ecológico local implica la pérdida simultánea de un sistema informal de gestión ambiental de alta efectividad y bajo costo.

En el contexto colombiano, la investigación de Ballesteros-Correa y Pérez-Torres (2022), realizada en el bosque seco tropical del departamento de Córdoba, aportó la primera

evidencia empírica directa del impacto diferencial del sistema ganadero extensivo convencional frente al silvopastoral sobre la diversidad de murciélagos. A través del análisis de 2.788 individuos de 39 especies capturados durante un ciclo anual, los autores documentaron que los fragmentos de bosque seco asociados a fincas con ganadería convencional presentaban mayor tasa de recambio de especies y menor estabilidad temporal del ensamblaje, indicadores de inestabilidad ecosistémica que comprometen la provisión de servicios de polinización y control biológico. Complementariamente, (Kinneen et al. 2024), trabajando en fincas familiares ganaderas del departamento de Caquetá, demostraron mediante análisis NMDS y PERMANOVA que las silvopasturas actúan como hábitat ecológico intermedio para las comunidades de invertebrados, albergando ensamblajes que comparten características con las pasturas tradicionales y con los bordes de bosque nativo. Este hallazgo es de particular relevancia porque sugiere que el silvopastoreo puede desempeñar un papel de conectividad funcional entre la producción ganadera y la conservación de agentes de control biológico y polinizadores en el trópico bajo amazónico colombiano, ecosistema sujeto a una de las mayores presiones de deforestación del país.

La convergencia de los resultados de (Hezron et al. 2024) desde Tanzania refuerza esta interpretación: el sistema silvopastoral indígena Alalili de los Maasai, basado en la rotación comunitaria de potreros, la exclusión temporal y la conservación de árboles nativos, se asoció con una riqueza de especies vegetales un 40% superior a la registrada en zonas de pastoreo convencional. El sistema Alalili constituye un modelo histórico validado de

manejo ganadero con impacto ambiental positivo que, al ser analizado junto con los estudios colombianos de Ballesteros-Correa y Pérez-Torres (2022) y Kinneen et al. (2024), refuerza la hipótesis de que la integración de componentes arbóreos en el sistema ganadero extensivo genera beneficios de biodiversidad robustos y replicables en distintos contextos del trópico bajo mundial.

El impacto de las prácticas ganaderas extensivas sobre el suelo y el ciclo del carbono es uno de los ejes mejor documentados del corpus, con evidencia que abarca desde estudios geomorfológicos de campo hasta análisis de fracciones de carbono orgánico en el perfil edáfico. (Gitau et al. 2025), en un diseño experimental factorial con parcelas divididas en los pastizales semiáridos de Laikipia County, Kenya, demostraron que el pastoreo continuo sin rotación genera reducciones significativas en las fracciones de carbono orgánico mineral (MAOC) y carbono orgánico particulado (POC) del suelo respecto al pastoreo controlado rotacional, resultado consistente en las tres profundidades y posiciones topográficas evaluadas. Este hallazgo tiene implicaciones directas para el ganaderas extensivas en los pastizales tropicales del África Oriental incluyendo el pastoreo, la deposición de estiércol y las quemas, son fuentes netas de CO₂, CH₄ y N₂O, con tasas que solo pueden revertirse a través de prácticas de manejo mejorado. Los autores cuantificaron que la implementación de estas prácticas puede generar un potencial de secuestro de carbono de entre 0,004 y 13 Mg C ha⁻¹ año⁻¹, un rango amplio que refleja la heterogeneidad de los ecosistemas de pastizal tropical y la importancia de adaptar las intervenciones al contexto ecológico local. En una escala regional, (Costa et al. 2025), mediante el análisis

de aproximadamente 30 sistemas ganaderos representativos de Argentina, Brasil, Colombia, Paraguay y Uruguay, proyectaron que la intensificación sostenible de pasturas podría reducir el total de emisiones de GEI de la ganadería sudamericana en un 30% para 2050 respecto a los niveles de 2020, una cifra que asciende al 40% cuando se incorpora el secuestro de carbono en suelos de pasturas mejoradas.

La vulnerabilidad de la ganadería extensiva del trópico bajo frente al cambio climático es abordada con particular profundidad metodológica por (Ferreira et al. 2026), quien empleó ensambles de modelos climáticos CMIP6 bajo escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 para proyectar la evolución del Índice de Temperatura-Humedad (THI) y su efecto sobre el estrés calórico en bovinos de carne en las regiones tropicales de Brasil hasta 2100. Los resultados proyectan hasta 40 días adicionales de estrés calórico extremo por año en el Norte y Centro Oeste brasileño para 2050, con consecuencias directas sobre la ganancia diaria de peso, la tasa reproductiva y el bienestar animal en sistemas de producción extensiva. Este hallazgo es de especial relevancia para el trópico bajo colombiano, donde las condiciones climáticas son comparables a las del Norte de Brasil y donde el Índice de Temperatura-Humedad constituye una variable ampliamente utilizada en la investigación sobre el impacto del estrés calórico sobre los parámetros productivos bovinos.

Las revisiones sistemáticas de Zenda et al. 2025; Adetola 2025) complementan estos hallazgos al documentar que los sistemas ganaderos extensivos presentan mayor intensidad de emisiones de GEI por unidad de producto que los sistemas más intensificados y con prácticas mejoradas, y que las estrategias de adaptación con mayor respaldo en la literatura

incluyen la selección de razas con mejor tolerancia al calor, la nutrición de precisión para reducir el CH₄ entérico, y la diversificación del sistema productivo mediante la integración de componentes arbóreos. Esta convergencia de estrategias apunta hacia el sistema silvopastoral no solo como herramienta de mitigación, sino también como mecanismo de adaptación climática para la ganadería extensiva del trópico bajo, al generar microclimas de sombra que reducen el estrés calórico de los animales y aumentan la resiliencia del forraje disponible durante las épocas de mayor temperatura y menor precipitación.

La evidencia del corpus converge con solidez sobre el sistema silvopastoral (SPS) como la práctica de manejo con mayor potencial documentado para reducir simultáneamente los impactos ambientales negativos de la ganadería extensiva y mejorar la resiliencia productiva del sistema en el trópico bajo. (Vandermeulen et al. 2018), en una revisión sistemática de más de 115 fuentes, demostraron que la integración de árboles y arbustos forrajeros en sistemas ganaderos tropicales diversifica la oferta forrajera, reduce la erosión del suelo, favorece la fijación biológica de nitrógeno mediante leguminosas arbóreas y genera un potencial documentado de reducción de las emisiones de metano entérico. En el contexto colombiano, (Tapasco et al. 2019) cuantificaron este potencial de mitigación con datos nacionales: los sistemas silvopastoriles pueden reducir las emisiones de CH₄ en el sector ganadero colombiano entre el 15% y el 25%, mientras que la mejora y recuperación de pasturas degradadas puede generar un secuestro de carbono.

La revisión de Pereira (2024) ofrece la perspectiva de mayor alcance sobre este proceso de transición al documentar que más del 50% de las pasturas de Brasil el mayor hato bovino

del mundo en territorio tropical presentan algún grado de degradación, y que las prácticas disponibles para su recuperación (pasturas mejoradas, SPS, integración labranza-ganadería-bosque o ICLF) pueden reducir la huella ambiental del sistema hasta en un 35% sin comprometer la producción. La coherencia entre los resultados de Tapasco et al. (2019) para Colombia y los de Pereira et al. (2024) para Brasil, así como los de Costa et al. (2025) para el conjunto de América del Sur, fortalece la validez de extrapolar al trópico bajo colombiano las experiencias documentadas en otras regiones tropicales del continente, aunque siempre con las debidas adaptaciones a las condiciones ecológicas, socioeconómicas e institucionales específicas del contexto nacional.

Un aspecto crítico que la literatura identifica de manera consistente es la brecha entre el potencial documentado de estas prácticas y su adopción efectiva a escala. Tapasco et al. (2019) analizaron en detalle las barreras que limitan la adopción masiva del SPS en Colombia: acceso restringido al crédito, inseguridad en la tenencia de la tierra, insuficiente transferencia tecnológica y ausencia de incentivos económicos que reconozcan los servicios ambientales prestados por los ganaderos que adoptan estas prácticas. Esta misma dinámica de barreras institucionales fue identificada por Kihoro, et al. (2021) en Tanzania, donde la heterogeneidad productora de los sistemas lecheros condiciona diferenciadamente el potencial de transición hacia el desarrollo de bajas emisiones: los pequeños productores extensivos, que presentan la mayor intensidad de emisiones por unidad de producto, son también los que tienen menor acceso a los recursos tecnológicos y financieros necesarios para la reconversión.

Uno de los hallazgos más relevantes de la revisión desde una perspectiva epistemológica es el reconocimiento del conocimiento ecológico local (KEL) de las comunidades pastorales como un sistema de gestión ambiental informal de alta eficacia. Los trabajos de Naah (2018) y Naah y Braun (2019) demostraron, mediante análisis etnoecológicos cuantitativos en Ghana, que los agropastoralistas del trópico occidental africano poseen criterios multifuncionales de valoración de las especies forrajeras nativas que incorporan dimensiones ambientales como la resistencia a la sequía, la estabilización del suelo y la recuperación estacional, criterios que van más allá del simple valor nutritivo y reflejan décadas de adaptación co-evolutiva al entorno. En el mismo sentido, Hezron et al. (2024) documentaron en Tanzania que el sistema Alalili Maasai, fundamentado en el KEL de las comunidades pastorales, genera resultados de conservación de la biodiversidad comparables a los de las intervenciones técnicas formales de manejo de pastizales, a un costo institucional significativamente menor. La confluencia de estos tres trabajos africanos con la evidencia de Wynants et al. (2019) quienes demostraron que la disrupción de los sistemas co-adaptados de gobernanza pastoral fue el principal conductor histórico de la erosión del suelo en África Oriental sugiere que la erosión del KEL y la erosión del suelo son fenómenos profundamente interconectados: preservar el primero es condición necesaria para prevenir el segundo. Esta perspectiva tiene implicaciones directas para el diseño de programas de extensión ganadera en el trópico bajo colombiano, donde la transferencia tecnológica vertical de experto a productor ha mostrado limitaciones

documentadas frente a enfoques de extensión participativa que parten del reconocimiento y la integración del conocimiento local.

Los estudios de largo alcance temporal incluidos, aportan una perspectiva diacrónica de alto valor para comprender las dinámicas de degradación del sistema ganadero extensivo. Kimiti et al. (2018) analizaron 45 años de datos sobre el tamaño del hato y los patrones de movilidad en el ecosistema de Amboseli, Kenya, demostrando que la fragmentación de los pastizales por vallado y cambios de uso del suelo redujo significativamente la movilidad estacional del ganado y generó sobreexplotación de las áreas remanentes, con consecuencias directas sobre el tamaño del hato y la condición ecológica del pastizal. Esta dinámica de fragmentación-sobreexplotación constituye un ciclo de retroalimentación positiva en el que la pérdida de movilidad intensifica la presión sobre los pastizales accesibles, acelera su degradación y reduce ulteriormente la capacidad de carga del sistema, proceso que coincide con el modelo sistémico identificado por Wynants et al. (2019) para el África Oriental en general. Aunque el ecosistema de Amboseli presenta características ecológicas específicas del trópico seco africano, la lógica de degradación por fragmentación es replicable en el trópico bajo colombiano, donde la expansión de la ganadería sobre nuevos territorios, ha seguido históricamente el mismo patrón de sobreexplotación de pasturas sin inversión en intensificación sostenible.

La lectura integrada en la revisión bibliográfica permite proponer un modelo interpretativo de la ganadería extensiva del trópico bajo que articula cuatro dimensiones interdependientes: la dimensión biofísica (degradación del suelo, pérdida de cobertura

vegetal, reducción de biodiversidad y emisión de GEI), la dimensión productiva y económica (reducción de la capacidad de carga, menor rentabilidad por hectárea y mayor vulnerabilidad al cambio climático), la dimensión social e institucional (pérdida del KEL, ruptura de sistemas co-adaptados de gobernanza pastoral, barreras de acceso a tecnologías mejoradas) y la dimensión político-regulatoria (ausencia de incentivos económicos para la adopción de prácticas sostenibles, inseguridad en la tenencia de la tierra). La interacción entre estas cuatro dimensiones explica por qué la ganadería extensiva convencional persiste como sistema dominante en el trópico bajo a pesar de la evidencia documentada de su ineficiencia ambiental y productiva a largo plazo: las barreras económicas e institucionales para la transición son al menos tan importantes como la disponibilidad de tecnologías mejoradas.

El sistema silvopastoral emerge del corpus como la respuesta más integradora disponible, en la medida en que aborda simultáneamente las cuatro dimensiones identificadas: mejora las propiedades del suelo y aumenta el secuestro de carbono (dimensión biofísica), aumenta la productividad por hectárea y la resiliencia climática (dimensión productiva), puede incorporar y potenciar el KEL mediante la selección de especies arbóreas nativas con significado cultural para las comunidades ganaderas (dimensión social), y tiene el potencial de acceder a mercados de carbono y pagos por servicios ambientales que generen flujos de ingresos adicionales para los productores que adopten la transición (dimensión político-regulatoria). Sin embargo, como señaló Tapasco et al. (2019), la adopción masiva del SPS en el trópico bajo colombiano requiere intervenciones articuladas de política pública que

atiendan específicamente las barreras de crédito, tenencia de la tierra y asistencia técnica, dado que las evidencias disponibles sobre la eficacia de estas prácticas son condición necesaria pero no suficiente para catalizar la transformación del sistema ganadero extensivo a escala nacional.

Finalmente, es necesario señalar las limitaciones propias de la revisión analizada. La mayoría de los estudios empíricos provienen del contexto africano (14 de 22 artículos), y solo tres fueron realizados directamente en el trópico bajo colombiano: Molina Benavides et al. (2019), Ballesteros-Correa y Pérez-Torres (2022) y Kinneen et al. (2024). Aunque los mecanismos ecológicos de degradación son consistentes entre contextos tropicales, las diferencias en la estructura del sector ganadero colombiano, el marco normativo ambiental nacional, la diversidad de biomas del trópico bajo (sabanas inundables de los Llanos, bosque seco caribeño, piedemonte amazónico, bosque húmedo del Pacífico) y las condiciones socioeconómicas particulares de los productores colombianos imponen la necesidad de estudios empíricos específicos que validen y contextualicen la aplicación de las soluciones documentadas en la literatura internacional.

Conclusión

La presente revisión bibliográfica evidencia que la ganadería bovina extensiva en el trópico bajo constituye un sistema productivo con impactos ambientales significativos, estrechamente asociados a la deforestación, la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos efectos se derivan principalmente de prácticas tradicionales como el pastoreo continuo, la expansión de la frontera ganadera y el manejo inadecuado de recursos naturales, los cuales reducen la capacidad de los ecosistemas para mantener sus funciones ecológicas, particularmente el secuestro de carbono y regulación hídrica. No obstante, la evidencia analizada también demuestra que existen alternativas viables para mitigar estos impactos, estrategias como los sistemas silvopastoreos, el pastoreo rotacional y enfoques de ganadería regenerativa permiten mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad, reducir las emisiones de efecto invernadero entre otros. Estas prácticas, además favorecen un uso más eficiente del territorio sin comprometer la productividad ganadera.

Sin embargo, la transición hacia modelos más sostenibles no dependen únicamente de la disponibilidad de tecnologías o prácticas de manejo, si no también de factores estructurales como el acceso a financiamiento, la seguridad en la tenencia de la tierra, la asistencia técnica y la incorporación del conocimiento ecológico local. En este sentido, la

sostenibilidad de la ganadería en el trópico bajo debe abordarse desde un enfoque integral que articule dimensiones ecológicas, productivas, sociales e institucionales.

Referencias

- Sandoval, D. F., Junca Paredes, J. J., Enciso Valencia, K. J., Díaz Baca, M. F., Bravo Parra, A. M., & Burkart, S. (2024). Long-term relationships of beef and dairy cattle and greenhouse gas emissions: Application of co-integrated panel models for Latin America. *Heliyon*, 10(1), e23364. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23364>
- Palencia, L. G., Pulido, A. S., Quitian, H. M., Triana, F. T., & Luna, D. M. (2021). *INTENSIDAD DE EMISIONES POR UNIDAD DE PRODUCTO PARA LA GANADERIA BOVINA EN COLOMBIA*
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Raghavan, B., López-Rebolledo, L., & Garrido-Pineda, J. (2021). Sistemas silvopastoriles: Mitigación de gases de efecto invernadero, bosque seco tropical - Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 901-919. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43313>
- Molina Benavides, R. A., Sánchez Guerrero, H., Campos Gaona, R., Atzori, A. S., & Morales, J. D. (2017). Estimación dinámica de Gases de Efecto Invernadero para la Ganadería Bovina del Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 66(3), 422-429. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.58266>
- López, O., Olivera, Y., Lamela, L., Sánchez, T., Montejo, I. L., Ronquillo, M., & Rojo-Rubio, R. (2014). Efecto de la suplementación con concentrado en la fermentación in vitro de dietas para vacas lecheras en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 426-434.

Hernández, A. P., Bautista, C. M., Vite, R. A. M., Cortes, J. G. B., & Paulino, A. E. L. (2024). Pastoreo Racional Voisin como una herramienta para la ganadería sustentable. *Brazilian Journal of Development*, 10(1), 1402-1419. <https://doi.org/10.34117/bjdv10n1-091>

Millstein. (2025, diciembre 26). *La agricultura afecta a la deforestación mucho más de lo que la gente cree*. <https://sentientmedia.org/es/como-la-agricultura-contribuye-a-la-deforestacion/>

Ángel-Gaviria, I. S. (2024). The environmental effects of traditional livestock. *SAP Multidisciplinary Open*, 1, 18. <https://doi.org/10.62486/agmu202318>

Moreno-Perez, C., Mora-Motta, D., Ortiz-Morea, F. A., Blesh, J., & Silva-Olaya, A. M. (2025). Transitioning from extensive pastures to silvopastoral systems improves multiple soil ecosystem services in Colombian Amazon. *Science of The Total Environment*, 974, 179185. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179185>

Mayer. (2018). *Impacto de los Sistemas Silvopastoriles sobre el medio ambiente?* Engormix. https://www.engormix.com/lecheria/sistema-silvopastoril/impacto-sistemas-silvopastoriles-sobre_a41841/

Kinneen, L., Escobar, M. P., Hernandez, L. M., Thompson, J., Ramos-Pastrana, Y., Córdoba-Suarez, E., Romero-Sanchez, M., Barnes, A., Quintero, M., & Garratt, M. P. D. (2024). Silvopastoral systems benefit invertebrate biodiversity on tropical livestock farms

in Caquetá, Colombia. *Agricultural and Forest Entomology*, 26(1), 126-134.

<https://doi.org/10.1111/afe.12594>

Vandermeulen, S., Ramírez-Restrepo, C. A., Beckers, Y., Claessens, H., & Bindelle, J.

(2018). Agroforestry for ruminants: A review of trees and shrubs as fodder in

silvopastoral temperate and tropical production systems. *Animal Production Science*,

58(5), 767-777. <https://doi.org/10.1071/AN16434>

Gitau, A. N., Mureithi, S. M., Mwendwa, S., Onwonga, R. N., Mbau, J. S., Chepkemoi,

J., & Kiama, S. (2025). Effects of grazing management practices, topographic position,

and land cover type on soil organic carbon fractions in semi-arid rangelands of Kenya.

Carbon Balance and Management, 20(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s13021-025-00319->

[y](#)

Pereira, M. de A., Bungenstab, D. J., Euclides, V. P. B., Malafaia, G. C., Biscola, P. H.

N., Menezes, G. R. O., Abreu, U. G. P. de, Laura, V. A., Nogueira, É., Mauro, R. de A.,

da Silva, M. P., Nicacio, A. C., Almeida, R. G. de, Gomes, R. da C., Silva, J. C. B., & de

Souza, V. F. (2024). From Traditionally Extensive to Sustainably Intensive: A Review on

the Path to a Sustainable and Inclusive Beef Farming in Brazil. *Animals: An Open Access*

Journal from MDPI, 14(16), 2340. <https://doi.org/10.3390/ani14162340>

Berhanu, Y., Negatu, L., Beyene, F., & Angassa, A. (2016). Impact of resettlement on

vegetation status and rangeland condition in southwestern Ethiopia. *African Journal of*

Agricultural Research, 11(7), 533-542. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10526>

Naah, J.-B. S. N. (2018). Investigating criteria for valuation of forage resources by local agro-pastoralists in West Africa: Using quantitative ethnoecological approach. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14(1), 62. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0261-4>

Mussa, M., Teka, H., & Mesfin, Y. (2017). Land use/cover change analysis and local community perception towards land cover change in the lowland of Bale rangelands, Southeast Ethiopia. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 9(12), 363-372. <https://doi.org/10.5897/IJBC2017.1131>

Naah, J.-B. S. N., & Braun, B. (2019). Local agro-pastoralists' perspectives on forage species diversity, habitat distributions, abundance trends and ecological drivers for sustainable livestock production in West Africa. *Scientific Reports*, 9(1), 1707. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38636-1>

Kihoro, E. M., Schoneveld, G. C., & Crane, T. A. (2021). Pathways toward inclusive low-emission dairy development in Tanzania: Producer heterogeneity and implications for intervention design. *Agricultural Systems*, 190, 103073. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103073>

Blake, W. H., Rabinovich, A., Wynants, M., Kelly, C., Nasser, M., Ngondya, I., Patrick, A., Mtei, K., Munishi, L., Boeckx, P., Navas, A., Smith, H. G., Gilvear, D., Wilson, G., Roberts, N., & Ndakidemi, P. (2018). Soil erosion in East Africa: An interdisciplinary approach to realising pastoral land management change. *Environmental Research Letters*, 13(12), 124014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaca8b>

Molina Benavides, R. A., Campos Gaona, R., Sánchez Guerrero, H., Giraldo Patiño, L., & Atzori, A. S. (2019). Sustainable Feedbacks of Colombian Paramos Involving Livestock, Agricultural Activities, and Sustainable Development Goals of the Agenda 2030. *Systems*, 7(4), 52. <https://doi.org/10.3390/systems7040052>

Hezron, E., Ngondya, I. B., & Munishi, L. K. (2024). Sustaining indigenous Maasai Alalili silvo-pastoral conservation systems for improved community livelihood and biodiversity conservation in East African rangelands. *PLOS ONE*, 19(5), e0

Tapasco, J., Le Coq, J.-F., Ruden, A., Rivas, J. S., & Ortíz, J. (2019). *The Livestock Sector in Colombia: Toward a Program to Facilitate Large-Scale Adoption of Mitigation and Adaptation Practices*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00061>

Zenda, M. (2025). Climate change adaptation and mitigation in different livestock production systems and agro-ecological zones in South Africa: A systematic review. *Tropical Animal Health and Production*, 57(8), 440. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04660-9>

Wynants, M., Kelly, C., Mtei, K., Munishi, L., Patrick, A., Rabinovich, A., Nasser, M., Gilvear, D., Roberts, N., Boeckx, P., Wilson, G., Blake, W. H., & Ndakidemi, P. (2019). Drivers of increased soil erosion in East Africa's agro-pastoral systems: Changing interactions between the social, economic and natural domains. *Regional Environmental Change*, 19(7), 1909-1921. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01520-9>

Ferreira, N. C. R., Ferreira, L. N., Rosa, D. R., & Andrade, R. R. (2026). Climate change impacts and seasonality changes on beef cattle in Brazil. *Regional Environmental Change*, 26(2), 64. <https://doi.org/10.1007/s10113-026-02550-w>

Mgalula, M. E., Wasonga, O. V., Hülsebusch, C., Richter, U., & Hensel, O. (2021). Greenhouse gas emissions and carbon sink potential in Eastern Africa rangeland ecosystems: A review. *Pastoralism*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s13570-021-00201-9>

Kimiti, K. S., Western, D., Mbau, J. S., & Wasonga, O. V. (2018). Impacts of long-term land-use changes on herd size and mobility among pastoral households in Amboseli ecosystem, Kenya. *Ecological Processes*, 7(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0115-y>

Ballesteros-Correa, J., & Pérez-Torres, J. (2022). Silvopastoral and conventional management of extensive livestock and the diversity of bats in fragments of tropical dry forest in Córdoba, Colombia. *Agroforestry Systems*, 96(3), 589-601. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00698-4>

Costa, C., Tedeschi, L. O., Gonzalez-Quintero, R., Arango, J., Burkart, S., Grosjean, G., Dittmer, K. M., Wollenberg, E., Becoña, G., Micol, L., Palma, E. B., Lagos, A. R., Loaiza, S., Insaurralde, M., Guariniello, L., Faverin, C., Recavarren, P. M., Tieri, M. P., Batista, L. F. D., ... Rao, I. M. (2025). South america's pasture intensification can

increase beef production, reduce emissions by 30% and mitigate warming from methane by 2050. *Scientific Reports*, 15, 35734. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20394-y>

Adetola, C., Egbinola, F., Alabi, O., Adebayo, M., & Ojo, R. (2025). Strategies for adaptation and mitigation in climate-smart animal production in Africa, Asia and South America. *Discover Agriculture*, 3(1), 194. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00362-w>

