

**Análisis de la viabilidad de los sistemas silvopastoriles como estrategia para la
recuperación de suelos degradados por la ganadería en el departamento del Meta**

Paula Andrea Ruge Alfonso

Asesor

Jair Vargas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2025

Nota de Aceptación

Jair Vargas

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Con profundo amor y agradecimiento doy estas palabras de dedicatoria a mis pilares de vida, mis papás que con su amor incondicional han forjado en mí una mujer de corazón noble y con gran berraquera para afrontar la vida, gracias por ser la fuerza que me impulsa a ser mejor con cada resultado; a mis hermanos espero seguir siendo su ejemplo y su apoyo en todo lo que necesiten, espero sepan que siempre cuentan con una aliada, gracias por inspirarme cada día. Finalmente, este trabajo también es un reconocimiento de mi esfuerzo diario, de mi perseverancia y mi dedicación; de todas las veces que tuve como prioridad mi futuro que hoy día lo veo más cerca y más claro, me reconozco cada día por creer en que puedo ser mejor y estoy segura que con cada herramienta que la vida regale, bendeciré a muchas personas con mis cosechas.

Agradecimientos

Primeramente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido la base por la cual he construido este logro académico. Su aliento constante han sido una gran motivación.

A mis queridos hermanos, gracias por su compañía, su inspiración y por celebrar conmigo cada avance en este proceso. Su presencia en mi vida da el gran sentido para ser mejor.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD; por brindarme la oportunidad de formarme, gracias por el conocimiento y las herramientas que me han proporcionado.

Extiendo mi gratitud a mis tutores, quienes con su dedicación y experiencia me han guiado a través de los desafíos académicos y despertaron en mí una profunda pasión por la ingeniería agroforestal. En especial, deseo agradecer al ingeniero Jair Vargas, por su valiosa orientación, paciencia y las enriquecedoras retroalimentaciones que fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros de estudio, gracias por el compañerismo, por ser un apoyo mutuo, por ser comprensivos el uno con el otro para todos los retos.

Resumen

La expansión de la ganadería extensiva en el departamento del Meta ha provocado una grave degradación del suelo, con resultados como compactación, pérdida de materia orgánica, erosión y disminución de la capacidad productiva. Este problema afecta no solo la sostenibilidad ecológica de la región, sino también la productividad ganadera y el bienestar de las comunidades rurales. En este contexto, los sistemas silvopastoriles S.S.P se presentan como una alternativa agroecológica viable para restaurar suelos degradados, promover la conservación de la biodiversidad y mejorar la productividad agrícola. Esta monografía busca analizar los beneficios ecológicos, económicos y sociales de los SSP en el Meta, así como los desafíos que enfrentan para su adopción. A partir de una rigurosa revisión bibliográfica de estudios científicos, informes técnicos y experiencias locales, se identificaron barreras como la falta de capacitación, el desconocimiento de sus beneficios, las dificultades de financiamiento y la resistencia cultural al cambio. Sin embargo, también se identifican oportunidades, vinculadas a las favorables condiciones edafoclimáticas del territorio, el creciente interés en productos sostenibles, el marco regulatorio nacional y el potencial para el uso de tecnologías como los SIG y las aplicaciones móviles. Los resultados permiten proponer recomendaciones técnicas, de capacitación, políticas y tecnológicas específicas para facilitar la implementación de los SSP en el Meta. Este estudio contribuye al desarrollo de estrategias de desarrollo rural sostenible, proponiendo los SSP como un modelo regenerativo que articula la conservación ambiental, la productividad y la justicia social en los territorios ganaderos del país.

Palabras clave: Sistemas silvopastoriles, restauración ecológica, manejo sostenible del suelo, biodiversidad productiva, ganadería regenerativa.

Abstract

The expansion of extensive livestock farming in the department of Meta has caused severe soil degradation, resulting in soil compaction, loss of organic matter, erosion, and a decrease in productive capacity. This problem affects not only the ecological sustainability of the region but also livestock productivity and the well-being of rural communities. In this context, silvopastoral systems S.P.S, are presented as a viable agroecological alternative for restoring degraded soils, promoting biodiversity conservation, and improving agricultural productivity. This monograph seeks to analyze the ecological, economic, and social benefits of SPS in Meta, as well as the challenges they face in their adoption. Based on a rigorous literature review of scientific studies, technical reports, and local experiences, barriers were identified such as lack of training, lack of awareness of their benefits, financing difficulties, and cultural resistance to change. However, opportunities are also identified, linked to the favorable edaphoclimatic conditions of the territory, the growing interest in sustainable products, the national regulatory framework, and the potential for the use of technologies such as GIS and mobile applications. The results allow for the proposal of specific technical, training, policy, and technological recommendations to facilitate the implementation of SSPs in Meta. This study contributes to the development of sustainable rural development strategies, proposing SSPs as a regenerative model that articulates environmental conservation, productivity, and social justice in the country's livestock territories.

Keywords: Silvopastoral systems, ecological restoration, sustainable soil management, productive biodiversity, regenerative livestock farming.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Justificación	15
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Descripción del Problema	19
Pregunta de Investigación.....	22
Antecedentes.....	23
Marco Referencial.....	26
Marco Teórico	26
Impacto de la Ganadería en la Degradación del Suelo	26
Evolución Histórica de la Pradización y la Revolución Verde en Colombia.....	27
Estrategias para la Rehabilitación de Suelos Degradados	28
Beneficios de los Sistemas Silvopastoriles.....	29
Desafíos en la Implementación de Sistemas Silvopastoriles en Colombia.....	30
Modelos de Implementación de Sistemas Silvopastoriles en el Meta	30
Marco Conceptual.....	31
Sistemas Silvopastoriles (SSP).....	31
Degradación del Suelo	33
Erosión del Suelo	34
Servicios Ecosistémicos.....	35
Ganadería Sostenible	35

Marco Legal	37
Constitución Política de Colombia	38
Ley N° 99 de 1993 (Creación del Ministerio del Ambiente, Reorganización del Sector e Implementación del Sistema Nacional del Ambiente).....	38
Leyes Agropecuarias y de Insumos que Promueven la Modernización Productiva	38
Regulaciones Específicas para la Ganadería Sostenible	39
Normas de Uso de la Tierra, Restauración y Producción Agrícola de Bajo Impacto	39
Marco Metodológico.....	41
Enfoque Metodológico.....	41
Tipo de Investigación.....	41
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	41
Procedimiento de Análisis de la Información	42
Población y Muestra	42
Criterios de Validación.....	42
Resultados	44
Causas y Consecuencias de la Degradación de Suelos en Zonas Ganaderas del Meta	54
Dimensión Informativa y Formativa.....	57
Dimensión Técnica	59
Dimensión Ambiental	61
Dimensión Socioeconómica.....	62

Beneficios Ecológicos y Productivos de los Sistemas Silvopastoriles en la Recuperación de Suelos.....	66
Problemas Ambientales Asociados a la Ganadería Intensiva	68
Solución Agroecológica: Sistemas Silvopastoriles.....	70
Beneficios Ecológicos.....	71
Beneficios Productivos	73
Retos y Oportunidades para la Implementación de los SSP en el Contexto del Meta.....	76
Desafíos Relacionados con la Implementación de Sistemas Silvopastoriles.....	76
Oportunidades para la Implementación de Sistemas Silvopastoriles Sostenibles	79
Conclusiones.....	84
Recomendaciones	87
Referencias Bibliográficas.....	90

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Revisión Documental</i>	45
Tabla 2 <i>Matriz de Causas y Consecuencias</i>	56

Lista de Figuras

Figura 1 *Infografía Beneficios Ecológicos y Productivos de los Sistemas Silvopastoriles* 67

Introducción

La ganadería siempre ha sido una de las principales actividades económicas del departamento del Meta, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo rural y la seguridad alimentaria de la región. Sin embargo, su práctica extensiva, especialmente bajo modelos tradicionales que carecen de criterios técnicos de sostenibilidad, ha provocado una creciente degradación del suelo, lo que resulta en compactación, pérdida de fertilidad, erosión, reducción de la cobertura vegetal y fragmentación de los ecosistemas naturales. Esta situación, además de su impacto negativo en la productividad del sector ganadero, ha conllevado un deterioro de los servicios ecosistémicos y una pérdida de la biodiversidad local, generando problemas ambientales a gran escala (Bohórquez, 2024).

Dada esta realidad, es necesario identificar soluciones integrales para restaurar la funcionalidad del suelo sin comprometer la viabilidad económica de la ganadería. En este contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP) ofrecen una alternativa innovadora que busca integrar árboles, arbustos forrajeros y pasturas en un único espacio productivo. Esta combinación promueve una sinergia entre productividad y sostenibilidad al mejorar las condiciones del suelo, reducir la erosión, regular el microclima y proporcionar refugio a la fauna silvestre, a la vez que mantiene la actividad ganadera (Reza, 2022).

Desde una perspectiva histórica, la expansión de la ganadería extensiva en Colombia experimentó un impulso significativo durante la primera Revolución Verde (1950-1970), cuando las políticas agrarias y los programas de colonización favorecieron la sustitución de los ecosistemas naturales por pastos exóticos como *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum*. Este proceso de pradificación transformó extensas áreas de las regiones de la Orinoquía y la Amazonía, generando deforestación, pérdida de biodiversidad y degradación del suelo

(Machado, 2009; Fajardo, 2014; León Sicard, 2011). Estas prácticas, basadas en la intensificación del uso del suelo sin criterios de sostenibilidad, marcaron el inicio de una crisis ambiental que hoy exige replantear los modelos de producción ganadera según enfoques más sostenibles, como los sistemas silvopastoriles.

El objetivo general de esta monografía es analizar la viabilidad de los sistemas silvopastoriles como estrategia para la restauración de suelos degradados por la ganadería en el departamento del Meta. Para ello, se establecieron tres objetivos específicos: identificar las principales causas y consecuencias de la degradación del suelo en las zonas ganaderas del Meta; evaluar los beneficios ecológicos y productivos de los sistemas silvopastoriles para la restauración del suelo; y analizar los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de sistemas silvopastoriles en el Meta.

La metodología empleada combinó un enfoque teórico y el análisis de estudios de caso, incluyendo información técnica sobre experiencias silvopastoriles exitosas en Colombia y Latinoamérica, así como datos locales sobre el estado de los suelos de la región. Se consideraron variables ecológicas como la restauración de la cobertura vegetal, el contenido de materia orgánica y la retención hídrica, así como aspectos productivos relacionados con el rendimiento ganadero y la sostenibilidad económica.

Los resultados de este estudio muestran que los sistemas silvopastoriles representan una alternativa viable para la restauración de suelos degradados mediante la promoción de prácticas de producción respetuosas con el medio ambiente adaptadas a las condiciones tropicales colombianas. Los beneficios identificados incluyen una mejor calidad del suelo, mayor biodiversidad funcional, menor presión sobre los ecosistemas naturales y mayor estabilidad en la producción ganadera. Sin embargo, también se identificaron desafíos significativos relacionados

con la falta de capacitación técnica, las barreras económicas para los pequeños productores y la necesidad de políticas públicas que promuevan activamente este tipo de prácticas.

En este sentido, esta monografía busca contribuir al debate sobre las transformaciones necesarias del modelo ganadero del Meta, destacando la importancia de integrar prácticas agroecológicas como los sistemas silvopastoriles para abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos del territorio. Además, se propone que su implementación no se limite a un cambio técnico, sino que requiera una estrategia integral de sensibilización, asistencia técnica y apoyo institucional que permita a los productores realizar la transición hacia una ganadería resiliente y sostenible, en armonía con el entorno natural.

Justificación

Este estudio se justifica por los desafíos ambientales y de productividad que enfrenta el departamento de Meta, una región cuya economía históricamente ha dependido de sistemas extensivos de ganadería. Este modo de producción, si bien tradicional, ha contribuido significativamente a la degradación del suelo mediante la compactación, la erosión, la disminución de la fertilidad y la pérdida de biodiversidad. Estos fenómenos no solo afectan la productividad agrícola a corto plazo, sino que también comprometen gravemente la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas y las economías rurales, exacerbando su vulnerabilidad ante fenómenos como el cambio climático.

En este contexto, la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) se presenta como una alternativa técnica y ecológicamente viable, capaz de revertir los procesos de degradación y promover un modelo de producción resiliente y sostenible. Al integrar la ganadería con especies arbóreas y arbustivas, los sistemas silvopastoriles (SSP) han demostrado su capacidad para mejorar la estructura del suelo, aumentar la materia orgánica, generar microclimas que favorecen el bienestar animal y enriquecer los servicios ecosistémicos. Estos sistemas también permiten a los productores diversificar sus fuentes de ingresos y promover la conectividad ecológica a nivel regional, contribuyendo así a los objetivos de desarrollo sostenible.

El valor académico de este estudio radica en la necesidad de consolidar el conocimiento contextualizado sobre la viabilidad de los sistemas silvopastoriles (SSP) en Meta, considerando no solo sus beneficios ecológicos y productivos, sino también las barreras socioculturales y económicas que han limitado su adopción. A pesar de la disponibilidad de datos científicos para otras regiones de Colombia y América Latina, la evaluación crítica de estos sistemas sigue siendo incompleta en contextos específicos como los Llanos Orientales, donde factores como la

expansión agroindustrial, la tenencia de la tierra, las prácticas ganaderas y la dinámica del mercado configuran realidades únicas que requieren un análisis contextualizado.

Además, este estudio tiene valor práctico y social al brindar información útil para productores y responsables de la formulación de políticas en zonas rurales. Al sistematizar las ventajas y los obstáculos de los sistemas silvopastoriles (SSP) en Meta, este estudio busca contribuir al desarrollo de políticas públicas más precisas y pertinentes, así como al diseño de estrategias de extensión agrícola, capacitación técnica y financiamiento adaptadas a las necesidades de la región. Esto cobra especial relevancia en un contexto donde la ganadería sostenible no solo representa una opción de producción respetuosa con el medio ambiente, sino también un medio para mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales, reducir la deforestación y mitigar los efectos del cambio climático.

Así es que, la relevancia de este estudio radica en su contribución al conocimiento científico, su potencial para influir en la toma de decisiones y su alineación con los principios de sostenibilidad y justicia ambiental. Este trabajo no se limita a un análisis técnico; también aborda la dimensión ética de la producción agrícola en territorios estratégicos como Meta, promoviendo un modelo de desarrollo que integra productividad, conservación y equidad social.

Respecto a la la viabilidad de este estudio se fundamenta en tres pilares esenciales: la disponibilidad de información, la relevancia metodológica y el acceso a recursos académicos y técnicos adecuados.

Primero, existe una amplia literatura científica y técnica sobre sistemas silvopastoriles, degradación del suelo y ganadería en el contexto colombiano y latinoamericano, particularmente en bases de datos especializadas, archivos universitarios y organismos gubernamentales como el IDEAM y el Ministerio del Ambiente. Esta información permite desarrollar un marco conceptual

sólido y realizar un análisis comparativo con experiencias previas, que servirá de referencia para el metaestudio de caso.

Segundo, el carácter cualitativo y exploratorio del estudio facilita su implementación, ya que prioriza la revisión documental, el análisis crítico y la sistematización de experiencias. Este enfoque metodológico no requiere grandes inversiones en trabajo de campo ni en recursos materiales, lo que facilita su implementación en el marco de una tesis de licenciatura, sin comprometer el rigor académico ni la profundidad analítica.

Además, el estudio se beneficia del apoyo institucional y bibliográfico necesario, en consonancia con las áreas de investigación prioritarias de las universidades y centros de investigación del país que trabajan en agroecología, restauración ecológica y desarrollo rural sostenible. Esto garantiza no solo el acceso a fuentes fiables y actualizadas, sino también el rigor académico y científico del análisis.

Finalmente, la relevancia social del estudio se ve reforzada por el creciente interés de organismos gubernamentales, ONG y agencias internacionales en promover modelos de producción sostenibles en regiones como Meta. Por lo tanto, es muy probable que los resultados de esta monografía sean utilizados por los actores locales, lo que amplifica su impacto al servir de base para nuevas iniciativas, proyectos de cooperación o el desarrollo de políticas públicas.

Todos estos factores aseguran que el estudio se complete dentro del plazo y las condiciones propias de una tesis, a la vez que proyecta su relevancia y aplicabilidad más allá del ámbito académico.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la viabilidad de los sistemas silvopastoriles como estrategia para la recuperación de suelos degradados por la ganadería en el departamento del Meta

Objetivos Específicos

Identificar las principales causas y consecuencias de la degradación de suelos en zonas ganaderas del Meta.

Revisar los retos y oportunidades para la implementación de los SSP en el contexto del Meta.

Evaluar los beneficios ecológicos y productivos de los sistemas silvopastoriles en la recuperación de suelos.

Descripción del Problema

La creciente degradación de la tierra en el departamento del Meta, ubicado en una de las regiones más biodiversas y productivas de Colombia, el río Orinoco, representa un desafío crucial para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico. Durante décadas, la expansión de la ganadería extensiva –un modelo caracterizado por el uso ineficiente de extensas extensiones de tierra, la desaparición de la cubierta forestal y el monocultivo de pastos– ha provocado una profunda transformación del paisaje natural y un progresivo deterioro de la calidad del suelo. Las consecuencias de estas prácticas se manifiestan en la compactación del suelo, la pérdida de materia orgánica, la erosión hídrica y eólica y, en casos extremos, la desertificación. Esta degradación no sólo compromete la capacidad productiva de los suelos, sino que también afecta directamente el equilibrio ecológico y los servicios ecosistémicos esenciales para la vida humana y la producción agrícola. La ganadería extensiva ha sido identificada como una de las principales causas de la degradación del suelo en Colombia, debido al sobrepastoreo, la deforestación y la compactación del suelo (Murgueitio et al., 2017; FAO, 2020).

En este contexto, esta monografía se justifica por la urgencia de analizar y promover alternativas sostenibles capaces de revertir los efectos de la degradación del suelo y asegurar la viabilidad futura de la ganadería en el departamento del Meta. Una de las estrategias más prometedoras en este sentido es la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP), que integran árboles, arbustos y pastos dentro de una misma unidad de producción, generando así una sinergia positiva entre la producción animal, la conservación de la biodiversidad y la restauración ecológica del suelo.

Los SSP han demostrado su efectividad en varias regiones de Colombia y Latinoamérica para mejorar la estructura del suelo, aumentar la infiltración de agua, reducir la erosión y

promover la formación de materia orgánica. Esta integración multinivel no sólo permite un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, sino que también fortalece la resiliencia de los ecosistemas ante eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, cada vez más frecuentes en la región (Medina et al., 2025). Desde este punto de vista, los SSP se posicionan como una alternativa agroecológica que no sólo mitiga el impacto negativo de la ganadería tradicional, sino que también aporta soluciones reales de adaptación al cambio climático.

Desde una perspectiva económica, la implementación de SSP representa una oportunidad significativa para aumentar la eficiencia y la rentabilidad de la producción animal. La diversificación del suministro de forrajes, la mejora del bienestar animal mediante sombra y microclimas más adecuados y la posibilidad de integrar madera, fruta o servicios ambientales (como el secuestro de carbono) pueden generar ingresos adicionales para los productores (Ramos, 2022). En el caso particular del Meta, donde las altas temperaturas suelen provocar estrés térmico en el ganado, la presencia de árboles en las pasturas ayuda a mejorar el confort animal y, en consecuencia, indicadores productivos como la ganancia de peso y la producción de leche.

En el ámbito ambiental, los beneficios de los sistemas silvopastoriles son igualmente contundentes. Estos sistemas promueven la regeneración de corredores ecológicos y la recuperación de hábitats naturales, fomentando la presencia de fauna nativa y microorganismos esenciales para la salud del suelo. Al reducir el uso de agroquímicos y promover una mayor cobertura vegetal, los sistemas silvopastoriles también contribuyen a mejorar la calidad del aire y el agua, a la vez que reducen la huella de carbono de la ganadería. En este sentido, la implementación de sistemas silvopastoriles se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS), así como con las políticas nacionales e internacionales orientadas a la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad rural (Hurtado et al., 2022).

Sin embargo, a pesar de sus numerosos beneficios, la adopción de sistemas silvopastoriles en la región del Meta sigue siendo limitada. Diversos factores dificultan su implementación, como la falta de conocimiento de los productores sobre los beneficios de estos sistemas, la falta de capacitación técnica adecuada, las barreras económicas relacionadas con la inversión inicial en reforestación y manejo de árboles, y la resistencia cultural derivada de la arraigada tradición ganadera extensiva de la región. Estos desafíos hacen esencial generar conocimiento técnico y contextualizado para evaluar la viabilidad real de los sistemas silvopastoriles en diferentes tipos de suelo, sistemas de producción y contextos socioeconómicos.

En este sentido, el objetivo principal de esta monografía es proporcionar elementos analíticos para comprender los beneficios ecológicos, productivos y sociales de los sistemas silvopastoriles en el departamento del Meta, así como identificar las barreras que dificultan su adopción. La investigación busca proporcionar información útil para el diseño de estrategias de sensibilización, capacitación y financiamiento para pequeños y medianos productores, así como insumos relevantes para la formulación de políticas públicas para el desarrollo agrícola sostenible.

El valor académico de este trabajo también reside en su contribución a la sistematización de experiencias y evidencia sobre la restauración de tierras degradadas mediante enfoques integrados. Mediante la revisión de literatura especializada, el análisis de estudios de caso y la identificación de buenas prácticas, la monografía busca construir un marco aplicable a otras regiones del país que enfrentan problemas similares. Los resultados de este estudio también

deben servir de base para futuros proyectos de investigación aplicada, iniciativas de extensión rural y programas de cooperación internacional sobre conservación y producción sostenible.

Finalmente, esta monografía es relevante no solo desde una perspectiva técnica y ambiental, sino también desde una perspectiva social y territorial. El fortalecimiento de las prácticas ganaderas sostenibles en el Meta representa una oportunidad para mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales, generar empleos verdes y fortalecer la resiliencia de los territorios ante las crisis ecológicas actuales y futuras. Al promover el uso responsable de los recursos naturales y fomentar la innovación en el sector agrícola, este trabajo contribuye a la construcción de una región más justa, productiva y ambientalmente equilibrada.

Esta monografía implica reconocer la necesidad de transformar profundamente los modelos de producción ganadera que históricamente han predominado en la región. La evaluación de los sistemas silvopastoriles como herramienta para la recuperación de tierras degradadas constituye no solo una línea de investigación relevante y urgente, sino también un compromiso ético y estratégico con un desarrollo rural más sostenible, resiliente y equitativo para el departamento del Meta y para Colombia en su conjunto.

Pregunta de Investigación

¿Cómo puede la implementación de Sistemas Silvopastoriles contribuir a la recuperación de suelos degradados por la ganadería en el departamento del Meta?

Antecedentes

La gestión sostenible de los sistemas de producción ganadera cobra cada vez mayor importancia en América Latina debido a los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a la ganadería extensiva. En el contexto colombiano, los sistemas silvopastoriles (SSP) se han consolidado como una alternativa prometedora para la recuperación de suelos degradados, la promoción de la biodiversidad y el fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas rurales. A continuación, se presenta un análisis detallado de los estudios más relevantes que respaldan esta investigación.

En primer lugar, Aguilera Dávila (2020) analizó la implementación de sistemas silvopastoriles en el municipio de Buenavista (Sucre), demostrando que estos sistemas permiten una integración equilibrada de árboles, cultivos y pastos, contribuyendo así al aumento de la productividad agrícola y a la conservación del suelo y el agua. De manera similar, el trabajo de Cajas-Giron y Sinclair (2020) examina el papel de los sistemas agroforestales, en particular los sistemas silvopastoriles (SSP), en la producción ganadera sostenible en Colombia, destacando las mejoras en la calidad del forraje, la reducción de gases de efecto invernadero y la regeneración del suelo.

Por su parte, Calle et al. (2021) abordan el potencial de los sistemas silvopastoriles (SSP) para la restauración ecológica de paisajes ganaderos en América Latina, enfatizando su capacidad para revertir los procesos de degradación ambiental y promover la conectividad ecológica en áreas fragmentadas. En este contexto, la FAO (2020) destaca la importancia de la biodiversidad dentro de los sistemas de producción y la contribución de las prácticas agroforestales a la seguridad alimentaria y la estabilidad ecológica.

A una escala más local, Flomin Rivera (2023) estudió los efectos de la ganadería regenerativa en un bosque tropical seco en Ibagué (Tolima), demostrando cómo la integración de árboles en los pastizales mejora la infiltración de agua, reduce la erosión e incrementa el contenido de materia orgánica del suelo. De manera similar, estudios como el de Tapia Coronado (2020) en el Valle del Sinú han evaluado la producción y descomposición de hojarasca en diferentes sistemas silvopastoriles, concluyendo que la hojarasca contribuye significativamente a mejorar la estructura y la fertilidad del suelo.

La viabilidad técnica y financiera de los sistemas silvopastoriles es un tema recurrente en la literatura. Revuelta y Gómez (2023) realizaron una evaluación financiera de un sistema silvopastoril en el departamento del Cesar. Sus hallazgos indican que, a pesar de los costos de implementación, estos sistemas son rentables a mediano y largo plazo, particularmente en vista de los servicios ecosistémicos que brindan. Este resultado coincide con el de Rodríguez Contreras y Vargas Solano (2019), quienes demostraron que la conversión de la ganadería convencional a sistemas silvopastoriles (SSP) en San José del Guaviare es viable y rentable, siempre que se cuente con apoyo técnico y acceso a mercados diferenciados.

La adopción de SSP también se ha analizado desde una perspectiva agroecológica y sociocultural. González Pinos (2024) identificó diversas técnicas agroecológicas utilizadas en Colombia y Ecuador para mejorar la calidad del suelo, destacando que la integración de árboles en los pastizales es una estrategia clave para restaurar suelos degradados y promover el desarrollo sostenible. En las regiones del Amazonas y del Orinoco, Silva Ortiz (2021) destacó la contribución de la agroforestería a la preservación de la flora nativa y a la mejora del bienestar de las comunidades rurales, fortaleciendo así el vínculo entre sostenibilidad y desarrollo territorial.

Cabe mencionar el trabajo de Trujillo et al., (2022) en Meta, quienes evaluaron la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en esta región y concluyeron que estos sistemas mejoraron la calidad del suelo, incrementaron la biodiversidad funcional y optimizaron el uso del agua. Este estudio es particularmente relevante para la presente investigación, ya que proporciona un enfoque empírico para la aplicación de los SSP en el mismo contexto geográfico.

A nivel mundial, autores como Nair (2019) y Mosquera-Losada et al. (2019) resaltan el papel de los SSP como una opción de uso de la tierra sostenible en regiones tropicales y templadas, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático. En la misma línea, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) destaca el vínculo intrínseco entre los ecosistemas saludables y el bienestar humano, enfatizando la necesidad urgente de una transición hacia sistemas de producción que restauren y preserven los servicios ecosistémicos.

Finalmente, estudios recientes, como el de Vásquez-Urriago et al. (2024) documentan experiencias exitosas en la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en la región del Atlántico Sur como estrategias para combatir el cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria. Estos resultados demuestran la capacidad de los SSP para ofrecer soluciones integrales a los desafíos ambientales y productivos actuales.

La información contextual analizada revela convergencias en cuanto al valor ecológico, económico y social de los sistemas silvopastoriles para la restauración de suelos degradados, lo que refuerza la relevancia de analizar su viabilidad en regiones con altos índices de degradación, como el departamento del Meta. Este estudio se inscribe en esta línea de investigación y contribuye a una comprensión global de los problemas y las oportunidades relacionados con la implementación de SSP en el contexto específico de la región del Orinoco colombiano.

Marco Referencial

Este apartado presenta los fundamentos conceptuales, el contexto territorial y el marco regulatorio de esta investigación, ofreciendo una comprensión integral de la degradación del suelo asociada a la ganadería extensiva en el departamento del Meta. Además, recopila y articula la literatura científica, las perspectivas ambientales y los enfoques legales relacionados con los sistemas de producción sostenibles, contextualizando así el problema y reconociendo el potencial de los sistemas agroforestales como una alternativa viable para la gestión y restauración de suelos degradados.

Marco Teórico

El Marco Teórico presentado en este estudio proporciona una base científica y conceptual para explicar los procesos de degradación del suelo, los efectos de la ganadería extensiva y métodos alternativos de gestión del suelo, como los sistemas agroforestales. Esta parte del estudio se centra en describir los aspectos subyacentes de la degradación perjudicial de los ecosistemas en el Meta, basándose en diversas teorías, estudios y modelos desarrollados con miras a la gestión sostenible. Se enfatiza la necesidad de la remediación del suelo y de mecanismos para mantener el equilibrio ecológico.

Impacto de la Ganadería en la Degradación del Suelo

La ganadería extensiva se ha identificado como una de las principales actividades productivas responsables de la degradación del suelo en Colombia, especialmente en regiones como el departamento del Meta. Esta práctica, caracterizada por un uso extensivo del suelo con baja densidad animal y mínima tecnología, ha fomentado la deforestación para crear pastizales, desencadenando una serie de procesos de degradación ambiental. Entre los más notables se encuentran la disminución de la cobertura vegetal, la compactación del suelo debido al pisoteo

constante del ganado y la reducción de la materia orgánica. Todo esto reduce la capacidad de infiltración de agua, aumentando la escorrentía superficial y la erosión. Calle et al. (2021) argumentan que esta situación no solo reduce la productividad agrícola, sino que también contribuye a la desertificación progresiva de vastas áreas anteriormente productivas. La expansión de las fronteras agrícolas, impulsada por la necesidad de una mayor producción ganadera, ha provocado la pérdida de bosques primarios y secundarios y ha afectado gravemente los ecosistemas locales. Esta práctica también tiene un impacto negativo en la biodiversidad, ya que reduce los hábitats disponibles para la fauna silvestre y altera los ciclos naturales del suelo y el agua. En este contexto, urge repensar las prácticas ganaderas actuales y considerar modelos más sostenibles que integren la conservación del medio ambiente con la productividad, como los sistemas silvopastoriles.

Evolución Histórica de la Pradización y la Revolución Verde en Colombia

El fenómeno de la pradización, definido como la conversión de ecosistemas naturales en pasturas artificiales, se ha intensificado en Colombia desde la primera Revolución Verde, entre las décadas de 1950 y 1970. Durante este período, se promovió la introducción de especies forrajeras foráneas y el uso masivo de insumos químicos como estrategias de modernización agrícola, en detrimento de la diversidad vegetal nativa (León Sicard, 2011; Machado, 2009). Las políticas públicas favorecieron la expansión de las tierras agrícolas en regiones como el río Orinoco, mediante programas de colonización que incentivaron la deforestación para el establecimiento de pasturas (Etter, 2020; Fajardo, 2014).

Este proceso transformó la estructura ecológica del paisaje, reduciendo la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, y aumentando su vulnerabilidad a la erosión (IDEAM, 2023). A largo plazo, el desarrollo de pastizales ha configurado un modelo ganadero dependiente

de grandes extensiones de tierra y prácticas insostenibles. Sin embargo, avances recientes en ganadería sostenible han demostrado que la implementación de sistemas silvopastoriles representa una alternativa viable para revertir estos impactos al integrar árboles, arbustos y pastos dentro de la misma unidad de producción, restaurando los ciclos ecológicos y promoviendo la resiliencia del suelo (Chará et al., 2023).

En las décadas de 1980 y 1990, el cambio de uso del suelo en Colombia se aceleró significativamente debido a la creciente modernización de la ganadería (principalmente relacionada con la producción de carne y de lácteos) y la creciente demanda de pastizales. Se desarrollaron nuevas rutas de transporte y la consolidación de los programas de colonización permitió la expansión de los pastizales hacia ecosistemas previamente intactos (sabanas y bosques secos). Esta presión provocó una sobrecarga de suelo y vegetación, y favoreció el desarrollo de patrones extensivos de uso del suelo y la aplicación generalizada de sistemas de pastoreo en áreas muy extensas gestionadas con métodos sencillos. En este punto se observa una clara transición hacia alternativas sostenibles como los sistemas agroforestales. Cuando árboles, arbustos y pastos se encuentran en la misma unidad de producción, se puede lograr un equilibrio entre productividad y protección ecológica.

En estas décadas fue el proceso precursor más importante en el campo colombiano.

Estrategias para la Rehabilitación de Suelos Degradados

Restaurar suelos degradados es un desafío complejo que requiere la implementación de estrategias integrales y sostenibles. Según la FAO (2020), estas estrategias incluyen medidas como la reforestación, la revegetación con especies nativas, la mejora del manejo del pastoreo y la adopción de sistemas agroforestales como los silvopastoriles. La reforestación restaura la cobertura vegetal, lo que mejora la estructura del suelo, aumenta la materia orgánica y reduce la

escorrentía superficial. De igual manera, el manejo racional del pastoreo, mediante la rotación y el control del número de ganado, reduce la compactación del suelo y permite la recuperación natural. Los sistemas agroforestales, por otro lado, combinan árboles, pastos y animales en una sola unidad de producción, promoviendo así sinergias que regeneran el suelo. Estos sistemas mejoran la biodiversidad, facilitan la captura de carbono y aumentan la infiltración de agua. En el contexto del Meta, estas prácticas son particularmente relevantes debido a las condiciones climáticas tropicales y la alta vulnerabilidad de los suelos a la degradación. La implementación de estas estrategias requiere el compromiso de los productores y las instituciones gubernamentales, así como acceso a asistencia técnica y financiamiento adecuado.

Beneficios de los Sistemas Silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles (SSP) se presentan como una alternativa altamente beneficiosa para resolver los problemas relacionados con la degradación del suelo en los sistemas ganaderos. Estos sistemas integran árboles, arbustos y pastos en un único espacio productivo, generando diversos beneficios ecológicos, económicos y sociales. Según Nair (2019), los SSP aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, mejoran su estructura y promueven una mayor actividad biológica. La presencia de leguminosas, por ejemplo, contribuye a la fijación biológica del nitrógeno, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos. Además, estos sistemas reducen la erosión del suelo al proporcionar una cubierta vegetal permanente que protege del viento y el agua. Estudios en Latinoamérica han demostrado que los SSP pueden reducir la pérdida de suelo hasta en un 60% (Murgueitio et al., 2017). Otro beneficio importante es la mejora de la retención de agua, lo que aumenta la disponibilidad de agua para las plantas y contribuye a la estabilidad del ecosistema. En términos de producción, los SSP permiten una mayor diversificación al combinar productos forestales y ganaderos, y pueden

mejorar el bienestar animal al proporcionar sombra y forraje de mayor calidad. Todo esto convierte a los SSP en una estrategia clave para promover la producción ganadera sostenible, especialmente en zonas como Meta, donde la degradación del suelo es grave.

Desafíos en la Implementación de Sistemas Silvopastoriles en Colombia

A pesar de sus reconocidos beneficios, la implementación de sistemas silvopastoriles en Colombia enfrenta múltiples desafíos. Uno de los principales es la falta de incentivos económicos que motiven a los productores a adoptar estos sistemas. La transición a un modelo silvopastoril requiere una inversión inicial significativa en infraestructura, capacitación y adquisición de especies vegetales adecuadas. Además, muchos pastores se muestran reacios al cambio debido a una cultura de producción arraigada en las prácticas ganaderas extensivas tradicionales. La falta de asistencia técnica especializada también limita la capacidad de los productores para diseñar e implementar adecuadamente un sistema silvopastoril adaptado a sus condiciones locales. Calle et al. (2021) destacan la necesidad de fortalecer los programas de educación y extensión rural, así como de crear mecanismos flexibles de crédito y subsidios que faciliten la adopción de estos sistemas. Otro obstáculo importante es la falta de coordinación entre las políticas públicas de los sectores ambiental y agrícola, lo que dificulta la planificación territorial integral. La investigación y validación de modelos silvopastoriles adaptados a diferentes regiones también es insuficiente. Superar estos desafíos requiere un enfoque integral del desarrollo rural que promueva la sostenibilidad económica y ecológica de la ganadería.

Modelos de Implementación de Sistemas Silvopastoriles en el Meta

El departamento del Meta, con su vasta extensión de tierras ganaderas y su alta tasa de degradación del suelo, ha sido escenario de diversos esfuerzos para implementar modelos de sistemas silvopastoriles. Diversos proyectos piloto, liderados por instituciones académicas, ONG

y organismos gubernamentales, han demostrado la viabilidad y los beneficios de estos sistemas en la región. Trujillo et al. (2022) informan que la introducción de especies arbóreas forrajeras, como *Leucaena leucocephala*, en fincas del Meta mejoró significativamente la fertilidad del suelo en un 40 % y aumentó la productividad de las pasturas en un 30 %. Estos modelos de implementación se basan en el diseño de la distribución espacial de las especies vegetales, el manejo planificado del pastoreo y la capacitación continua de los productores. Sin embargo, la mayoría de estos proyectos enfrentan dificultades para su escalamiento debido a la falta de continuidad institucional, el acceso limitado al financiamiento y la deficiente formulación de políticas públicas para su difusión. Además, no siempre se dispone de datos técnicos sistemáticos para evaluar el impacto a largo plazo de estas intervenciones. Por ello, es necesario consolidar una red de actores institucionales que impulsen estos modelos como política de Estado en el Meta, coordinando esfuerzos intersectoriales para asegurar su sostenibilidad y replicabilidad.

Marco Conceptual

Sistemas Silvopastoriles (SSP)

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una estrategia agroecológica que integra árboles, arbustos forrajeros y pasturas con ganado, generalmente vacuno, dentro de la misma unidad de producción. Este modelo representa una alternativa sostenible a la ganadería extensiva tradicional, ya que permite la sinergia entre los componentes arbóreos, herbáceos y animales, mejorando así la eficiencia del uso del suelo y reduciendo los impactos ambientales negativos. Existen diferentes tipos de SSP, como árboles dispersos en pastizales, setos vivos, terraplenes forrajeros, corredores ribereños arbolados y sistemas silvopastoriles intensivos (ISSi), cada uno adaptado a las condiciones ecológicas y socioeconómicas del territorio (Mosquera-Losada et al., 2019; Calle et al., 2021; Sánchez Parales, 2020). En el caso específico del departamento del

Meta, los SSP ofrecen una alternativa prometedora para la regeneración de suelos degradados por décadas de ganadería extensiva. La integración de especies arbóreas y arbustivas promueve la mejora de la fertilidad del suelo, la conservación de la humedad, la regulación térmica del microclima y la reducción del estrés térmico en el ganado. Además, los árboles contribuyen a la biomasa, fijan nitrógeno (en el caso de las leguminosas) y brindan servicios ecosistémicos esenciales, como la captura de carbono y el hábitat para la fauna silvestre (Trujillo et al., 2022; Fundación SAHED, 2023; Silva Ortiz, 2021; Tapia Coronado, 2020). Estas funciones ecosistémicas son particularmente importantes en regiones como la Orinoquía, donde la desertificación y la pérdida de biodiversidad avanzan debido a prácticas insostenibles (Cajas-Giron y Sinclair, 2020; FAO, 2020). Investigaciones en contextos similares al Orinoco han demostrado que los SSP pueden aumentar la productividad ganadera, mejorar la calidad de los pastos y reducir la necesidad de insumos externos como fertilizantes y suplementos alimenticios (Murgueitio et al., 2017; Rodríguez Contreras y Vargas Solano, 2019; Insuasty Paz y Garreta Cadena, 2024). En términos financieros, estudios como los de Revuelta y Gómez (2023) muestran que estos sistemas también pueden representar una mejora en la rentabilidad en comparación con los modelos ganaderos convencionales, a la vez que fortalecen la resiliencia al cambio climático. A pesar de estas ventajas, la implementación de los SSP aún enfrenta barreras culturales, técnicas y económicas que deben superarse mediante políticas públicas, concientización rural y educación ambiental para lograr una adopción generalizada y sostenible en la región (González Pinos, 2024; Aguilera Dávila, 2020; Hernández Martínez, 2021; Vásquez-Urriago et al., 2024). De igual manera, se necesita una mayor coordinación institucional entre entidades como el IDEAM, el IGAC y las universidades públicas, que aportan información

actualizada sobre suelos, cobertura vegetal y dinámica climática para orientar las decisiones territoriales en la implementación de los PSS (Silva Ortiz, 2021; Flomin Rivera, 2023).

Degradación del Suelo

La degradación del suelo es un proceso complejo y multidimensional que implica la pérdida de la calidad y funcionalidad del suelo como recurso natural esencial para la vida. Este deterioro se manifiesta a través de múltiples procesos, como la erosión, la compactación, la pérdida de materia orgánica, la salinización, la acidificación y la contaminación, que reducen la capacidad del suelo para sustentar la producción agrícola, almacenar agua y nutrientes, y mantener la biodiversidad del suelo (FAO, 2020). En el contexto de la ganadería, la degradación suele asociarse con el sobrepastoreo, la deforestación y el uso inadecuado del suelo.

En el departamento del Meta, la expansión de la frontera agrícola basada en la ganadería extensiva ha sido uno de los principales impulsores de la degradación del suelo. La eliminación de la cubierta vegetal natural para dar paso a pasturas monoespecíficas ha alterado los ciclos naturales de nutrientes, reducido la cobertura del suelo y expuesto la superficie a una intensa erosión. Además, el movimiento constante del ganado compacta la capa superficial del suelo, reduciendo su porosidad y capacidad de infiltración, lo que provoca escorrentía superficial y pérdida de nutrientes.

Esta pérdida de calidad del suelo compromete gravemente la sostenibilidad de la producción ganadera al reducir la producción de forraje y aumentar la dependencia de insumos externos. La degradación también afecta el ciclo hidrológico y la capacidad del suelo para actuar como sumidero de carbono, contribuyendo así al cambio climático. La recuperación de estos suelos requiere la implementación de prácticas de manejo sostenible, entre las que destacan los

sistemas silvopastoriles por su capacidad de regeneración biológica y estructural del suelo (Sánchez y Tergas, 2020).

Erosión del Suelo

La erosión del suelo es uno de los procesos más evidentes y destructivos del fenómeno de la degradación del suelo. Se define como la remoción y el transporte de partículas del suelo por la acción del agua, el viento o prácticas agrícolas inadecuadas. En los sistemas ganaderos, la erosión suele verse agravada por el pisoteo de los animales, la reducción de la cobertura vegetal y la falta de prácticas de conservación del suelo. La pérdida de la capa superficial del suelo, rica en nutrientes, reduce significativamente su fertilidad, lo que dificulta la producción de cultivos y forrajes (Pimentel, 2018).

En el Meta, la erosión hídrica representa una amenaza importante, especialmente en zonas con pendientes o suelos mal drenados, donde la deforestación y el sobrepastoreo dejan el suelo expuesto a las lluvias torrenciales típicas de la región. Este fenómeno no solo provoca la pérdida de nutrientes esenciales, sino que también provoca la sedimentación de los cuerpos de agua, lo que afecta la calidad de los recursos hídricos y la biodiversidad acuática.

La erosión también está estrechamente relacionada con la compactación del suelo, que impide la infiltración de agua y genera escorrentía superficial, lo que agrava la pérdida de suelo fértil. Los SSP representan una solución viable a este problema, ya que la inclusión de árboles y arbustos mejora la cobertura del suelo, aumenta la infiltración de agua y estabiliza las partículas del suelo a través de los sistemas radiculares de las especies vegetales. Además, los árboles actúan como barreras físicas naturales que frenan el viento y el agua, ayudando así a reducir la erosión (Murgueitio et al., 2017).

Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que los seres humanos obtienen de los ecosistemas. Estos servicios se clasifican generalmente en cuatro categorías: aprovisionamiento (alimento, agua, madera), regulación (control climático, regulación hídrica, polinización), apoyo (ciclo de nutrientes, formación del suelo) y valores culturales (estéticos, recreativos, espirituales) (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).

En contextos productivos como la ganadería, los servicios ecosistémicos son esenciales para mantener la estabilidad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Sin embargo, la ganadería extensiva tradicional a menudo socava estos servicios al eliminar la cobertura arbórea, degradar los suelos y reducir la biodiversidad. En contraste, los sistemas silvopastoriles promueven una mayor provisión de servicios ecosistémicos al integrar componentes arbóreos que protegen y enriquecen el suelo, facilitan la infiltración de agua, almacenan carbono y proporcionan hábitats para polinizadores y otras especies benéficas.

Particularmente en el Meta, la restauración de los servicios ecosistémicos mediante SSP puede marcar una diferencia significativa en la resiliencia de los paisajes ganaderos al cambio climático. La captura de carbono por los árboles y la regeneración de la biodiversidad microbiana en el suelo tienen impactos positivos en la producción y la sostenibilidad ambiental. Por lo tanto, es crucial reconocer el valor de estos servicios para la gestión integral y sostenible de los territorios ganaderos.

Ganadería Sostenible

La ganadería sostenible es un enfoque integral que busca conciliar la producción ganadera, la conservación de los recursos naturales, el bienestar animal y el desarrollo social.

Este enfoque prioriza no solo la rentabilidad económica, sino también la minimización de los impactos ambientales negativos y la maximización de los beneficios sociales y ecológicos. Sus principios incluyen la gestión eficiente de los recursos naturales, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el bienestar animal y la resiliencia al cambio climático (FAO, 2021; Murgueitio et al., 2017).

En Colombia, y en particular en la región del Meta, la transición hacia una ganadería sostenible es urgente, dada la presión que ejerce el modelo ganadero extensivo sobre los ecosistemas naturales, como los bosques, las sabanas y las zonas ribereñas. La adopción de prácticas como la rotación de pasturas, la diversificación de especies forrajeras, la conservación de las fuentes hídricas y la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) son esenciales para este proceso. Estas prácticas permiten la intensificación sostenible, es decir, un aumento de la producción con un menor impacto ambiental, a la vez que mejoran la salud del suelo y preservan la biodiversidad (Trujillo et al., 2022; Tapia Coronado, 2020; Fundación SAHED, 2023).

Los sistemas silvopastoriles se están consolidando como una estrategia clave para la producción ganadera sostenible. Su implementación contribuye directamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por ejemplo:

- ODS 2 (Hambre Cero): mejorando la productividad, la calidad del forraje y la seguridad alimentaria de las familias rurales.
- ODS 12 (Producción y Consumo Responsables): mediante un uso más eficiente de los insumos, el reciclaje de nutrientes y la reducción de los residuos agrícolas.
- ODS 13 (Acción por el Clima): secuestrando carbono en la biomasa aérea y los suelos, y reduciendo las emisiones de metano y óxidos de nitrógeno.

- ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres): promoviendo la restauración ecológica, el control de la erosión y la conservación del hábitat de la vida silvestre (Silva Ortiz, 2021; Calle et al., 2021; Vásquez-Urriago et al., 2024).

Diversos experimentos realizados en departamentos como Córdoba, Cesar, Meta y Guaviare han demostrado que los SSP pueden integrarse con éxito en fincas pequeñas y medianas, mejorando la calidad de vida de los productores, reduciendo la dependencia de insumos externos y fortaleciendo el tejido social rural (Aguilera Dávila, 2020; Revuelta y Gómez, 2023; Rodríguez Contreras y Vargas Solano, 2019).

La producción ganadera sostenible también implica un cambio cultural y educativo, considerando a los productores como guardianes del paisaje y actores clave en la protección de los recursos naturales. Una transformación efectiva requiere el fortalecimiento de la investigación participativa, programas de extensión rural adaptados, incentivos económicos reales y un apoyo técnico integral que considere las características culturales y ecológicas de cada territorio (González Pinos, 2024; Hernández Martínez, 2021; Insuasty Paz y Garreta Cadena, 2024).

Marco Legal

La implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en el sector ganadero del departamento de Méta debe enmarcarse en un marco legal que considere aspectos ambientales, productivos, agrícolas y de sostenibilidad. A continuación, se presentan las principales normativas nacionales que rigen estas prácticas, así como su relevancia para el tema de este estudio.

Constitución Política de Colombia

La Constitución de 1991 establece principios fundamentales para el uso sostenible de los recursos naturales y la función ecológica de la propiedad. Los artículos 8 («Toda persona tiene derecho a disfrutar de un medio ambiente sano»), 58, 79 y 80 («El agua y el aire son de dominio público y están sujetos a un régimen de uso que garantiza su conservación») imponen al Estado y a la ciudadanía la obligación de preservar el medio ambiente y los servicios ecosistémicos, lo que justifica normativamente la adopción de prácticas como los Sistemas de Producción Sostenible (SPS) destinados a la recuperación de suelos degradados.

Ley N° 99 de 1993 (Creación del Ministerio del Ambiente, Reorganización del Sector e Implementación del Sistema Nacional del Ambiente)

Esta ley constituye la piedra angular de la normativa ambiental en Colombia. Establece la Autoridad Nacional de Permisos Ambientales (ANLA), las empresas autónomas regionales y el Sistema Nacional del Ambiente (SINA). Asimismo, responsabiliza al Estado de la gestión de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, y le exige planificar su gestión sostenible.

En el contexto de sus estudios, esta ley justifica la legitimidad de promover sistemas productivos que integren la ganadería con la restauración ecológica de suelos y la conservación de la biodiversidad.

Leyes Agropecuarias y de Insumos que Promueven la Modernización Productiva

La Ley N° 2183 de 2022 establece el Sistema Nacional de Insumos Agropecuarios y crea el Fondo de Acceso a Insumos Agropecuarios.

La Ley N° 2169 de 2021 promueve el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas relacionadas con el carbono, la neutralidad de carbono y la resiliencia climática.

Estas regulaciones crean un marco de incentivos para la adopción de prácticas de producción sostenibles, incluyendo la transición de la ganadería extensiva a sistemas más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Regulaciones Específicas para la Ganadería Sostenible

Las Directrices para la Ganadería Sostenible (GBS 2021-2050) fomentan la modernización de los sistemas ganaderos convencionales hacia sistemas sostenibles y climáticamente inteligentes, donde los Sistemas de Producción Sostenible (SPS) se identifican como una estrategia clave.

La norma técnica NTC 6550 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) – “Etiquetas Ambientales Tipo I, Etiqueta Ambiental Colombiana” – incluye criterios para la ganadería sostenible de bovinos y búfalos, facilitando así la certificación ambiental de sistemas que integran sistemas de producción sostenible (SPS). Estas disposiciones indican la posibilidad y el apoyo institucional y legal que permite a los productores adoptar prácticas agrícolas sostenibles, lo cual es relevante para la viabilidad del estudio.

Normas de Uso de la Tierra, Restauración y Producción Agrícola de Bajo Impacto

La Resolución 1294 de 2021 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Ley 2173 de 2021 promueven la restauración ecológica mediante la plantación de árboles y la creación de bosques en todo el territorio nacional. En concreto, la Resolución 1294 establece directrices para actividades agrícolas de bajo impacto en ecosistemas sensibles, como los páramos (ecosistemas andinos de gran altitud), que sirven de modelo para los sistemas agroforestales y silvopastoriles.

Estos instrumentos legales garantizan que la conversión de sistemas ganaderos a sistemas silvopastoriles cumpla con el principio ambiental de mínima degradación del suelo y uso sostenible de la tierra.

Marco Metodológico

Enfoque Metodológico

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, buscando comprender y analizar a fondo las características, beneficios, desafíos y experiencias asociadas con los sistemas silvopastoriles (SSP) en el contexto de la recuperación de tierras degradadas por la ganadería en zonas tropicales, particularmente en el departamento del Meta. Este enfoque permite la interpretación de fenómenos complejos desde una perspectiva integradora, considerando no solo datos técnicos, sino también contextos socioproductivos, ecológicos y culturales.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación corresponde a una revisión bibliográfica, ya que se centra en la recopilación, análisis y sistematización de información secundaria disponible en fuentes académicas, institucionales y técnicas. Esta revisión bibliográfica busca proporcionar una visión integral y fundamentada del estado del arte de los SSP y su papel en la sostenibilidad agrícola, con especial atención a su implementación en Colombia y, en particular, en la región del Meta.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

La información se recopilará mediante una búsqueda sistemática de documentos en bases de datos científicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect, Redalyc y Google Scholar, así como en repositorios institucionales. También se considerarán informes técnicos de organizaciones nacionales e internacionales como la FAO, CIPAV (Centro de Investigación en Sistemas de Producción Agropecuaria Sostenibles), Fedegan y otras entidades que han realizado investigaciones sobre el tema. Los criterios de selección de los documentos incluirán su relevancia temática, actualidad (publicaciones entre 2015 y 2024) y relevancia geográfica (enfoque en Colombia y Latinoamérica).

Procedimiento de Análisis de la Información

Una vez recopilada la información, se aplicará un análisis de contenido temático, que la identificará y la organizará en categorías predefinidas según los objetivos específicos de la monografía. Estas categorías incluirán:

- Impacto de la ganadería extensiva en la degradación del suelo.
- Estrategias de recuperación de tierras.
- Beneficios de los sistemas silvopastoriles.
- Retos de implementación en Colombia.
- Modelos de SSP en la región del Meta.

Este análisis permitirá comparar diferentes modelos de SSP, identificar patrones comunes, destacar buenas prácticas e identificar elementos contextuales clave que influyen en su aplicabilidad en la región de estudio.

Población y Muestra

Para complementar la revisión teórica inicial, se amplió la búsqueda bibliográfica para incluir fuentes académicas, técnicas e institucionales publicadas entre 2009 y 2024. Esta ampliación permitió contextualizar históricamente la evolución de la ganadería extensiva, la transformación de los pastizales en el paisaje colombiano y los avances en los sistemas silvopastoriles como alternativa agroecológica. La información recopilada se sintetizó en una matriz de revisión bibliográfica que incluyó las principales contribuciones teóricas y empíricas que sustentan este estudio (véase la Tabla 1).

Criterios de Validación

La validez del estudio se garantizará mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de diferentes entidades y autores para asegurar la consistencia de los

resultados. De igual forma, se utilizarán documentos con respaldo académico o institucional, garantizando así la calidad de la información analizada.

Resultados

Para recopilar la información necesaria para alcanzar los objetivos de esta investigación, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva. Este proceso implicó la búsqueda, selección, análisis y sistematización de fuentes bibliográficas relevantes, como artículos científicos, libros especializados, informes técnicos y documentos institucionales relacionados con el tema en estudio. Esta revisión permitió establecer un marco teórico sólido, identificar información contextual relevante, identificar lagunas de conocimiento y orientar el desarrollo de la investigación con base en enfoques y evidencia previamente documentados.

La siguiente revisión bibliográfica recopila los principales documentos analizados en esta investigación. Esta recopilación sistemática nos permitió identificar y sintetizar las contribuciones teóricas, metodológicas y empíricas relacionadas con la ganadería extensiva, la degradación del suelo y la implementación de sistemas silvopastoriles como alternativa sostenible. Los textos seleccionados constituyen la base conceptual sobre la que se desarrollaron los objetivos específicos del estudio, guiando nuestra comprensión de las causas históricas de la degradación del suelo, los beneficios ecológicos y productivos de los sistemas silvopastoriles y los desafíos asociados a su implementación en la Colombia rural.

Tabla 1*Matriz de Revisión Documental*

#	Título del artículo	Año	Resumen	Enlace del artículo
1	Sistemas silvopastoriles SSP como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana	2020	El trabajo titulado "Sistemas silvopastoriles SSP como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana" es una revisión sistemática que analiza cómo estos sistemas pueden mejorar la sostenibilidad de la ganadería en Colombia.	https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f78d476-956a-4873-a83f-0bfc19edb3c7/content
2	Sistemas silvopastoriles SSP como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana	2020	El trabajo revisa cómo los sistemas silvopastoriles en Colombia contribuyen a la sostenibilidad de la ganadería bovina, promoviendo beneficios ambientales y productivos en distintas regiones del país.	https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/dalcfddb-2217-45f0-9ea9-f338265872ba/content
3	Evaluación de la viabilidad técnica y financiera en la reconversión productiva de ganadería a sistemas silvopastoriles en San José del Guaviare, Colombia	2019	Este estudio evalúa la viabilidad técnica y financiera de la reconversión de sistemas ganaderos tradicionales a sistemas silvopastoriles en San José del Guaviare, Colombia. La investigación incluye la caracterización de tierras, tipificación de productores y análisis financiero de diferentes modelos silvopastoriles.	https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/a9842531-dd2e-4056-b1de-c34200e13a10/content

4	Identificación de las técnicas agroecológicas que se utilizan para la recuperación de la calidad de los suelos de Ecuador y Colombia	2024	Esta revisión sistemática de la literatura permitió identificar las mejoras en la calidad del suelo en Ecuador y Colombia tras la adopción de prácticas agroecológicas. La selección de estos países se basó en sus similitudes en pisos bioclimáticos y en sus actividades agrícolas y ganaderas.	https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14217/1/19738.pdf
5	Evaluación financiera de un sistema silvopastoril en el departamento del Cesar	2023	El trabajo realiza una evaluación financiera de la implementación de un sistema silvopastoril (SSP) en el departamento del Cesar, Colombia. Se compara el sistema silvopastoril con el sistema tradicional de ganadería, analizando variables económicas y productivas mediante modelos financieros y de valorización de activos.	file:///C:/Users/Usuario/Documents/TABRA%20DANIZA/CA%20A-spa-2023-Evaluacion financiera de un sistema silvopastoril en el departamento del cesar.pdf
6	Análisis de la implementación de sistemas silvopastoriles en cinco distritos de las provincias Tambopata y Tahuamanu en la región Madre de Dios	2021	El presente trabajo de suficiencia profesional describe la intervención realizada por la Dirección General de Ganadería del Ministerio de Agricultura y Riego en la región Madre de Dios, Perú, entre agosto y diciembre de 2019, en la cual se implementaron sistemas silvopastoriles en 200 unidades familiares.	file:///C:/Users/Usuario/Documents/TABRA%20DANIZA/sal%20darriaga-cordova-vilma-gisella%20(1).pdf

7	Evaluación del sistema silvopastoril <i>Alnus acuminata</i> + <i>Cenchrus clandestinus</i> y praderas de <i>Cenchrus clandestinus</i> sobre la disponibilidad y calidad del forraje, producción y calidad de leche en el municipio de Pupiales, Colombia	2024	La investigación se realizó en la finca Las Delicias en Pupiales, Nariño, Colombia, para evaluar el impacto de un sistema silvopastoril que combina <i>Alnus acuminata</i> con <i>Cenchrus clandestinus</i> , en comparación con praderas solo de <i>Cenchrus clandestinus</i> . Se analizaron variables edáficas, producción de forraje, calidad del forraje y producción de leche en vacas Holstein.	https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65249/abgarr-etac.pdf?sequence=7&isAllowed=y
8	Sistemas silvopastoriles como alternativa de desarrollo económico y sostenibilidad ambiental en el municipio de Buenavista – Sucre, Colombia	2020	El trabajo analiza la implementación y beneficios de los sistemas silvopastoriles en el municipio de Buenavista, Sucre, Colombia, con el objetivo de promover el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental en el área rural. A través de un estudio de tipo descriptivo y comparativo, se identifican diferentes tipos de sistemas silvopastoriles, sus especies arbóreas principales y su impacto en la producción de	https://repositorio.utb.edu.co/server/api/core/bitstreams/d06ff3ca-3fbd-41e3-b48a-67ed48445037/content

			forraje, economía y servicios ecosistémicos.	
9	Producción y descomposición de hojarasca foliar de diferentes sistemas silvopastoriles y su efecto sobre calidad del suelo en el Valle Medio del Sinú, Córdoba - Colombia	2020	El estudio evalúa el aporte de la hojarasca de especies forestales en arreglos silvopastoriles sobre propiedades del suelo, como producción de hojarasca, aporte de nutrientes, tasa de descomposición y propiedades físicoquímicas. Se comparan diferentes sistemas silvopastoriles y sistemas tradicionales de pastura, concluyendo que los arreglos silvopastoriles contribuyen a mejorar la calidad del suelo mediante el reciclaje de nutrientes, siendo una alternativa efectiva frente a sistemas tradicionales.	https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/ccade40c-718b-44ef-a0bc-fb0737ecad0b/content
10	Apoyo en la formulación del proyecto de conservación de áreas ambientales estratégicas en sistemas productivos ganaderos en el departamento de Córdoba	2023	El informe presenta un análisis del proceso de formulación de un proyecto enfocado en la conservación de áreas ambientales estratégicas en sistemas ganaderos en Córdoba. Incluye el diagnóstico de la problemática, la identificación de causas y efectos, así como propuestas de soluciones sostenibles y climáticamente inteligentes, siguiendo metodologías ajustadas del	https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/a64eb550-b8b2-49a4-87a2-21f0d1b2b484/content

Departamento Nacional de Planeación.				
11	Manejo silvopastoril en una hectárea para la captura de gas metano en la finca Brasil del cantón Cumandá provincia del Cañar	2024	El documento presenta un trabajo de titulación que describe el manejo silvopastoril en una hectárea de la finca Brasil, ubicada en el cantón Cumandá, con el objetivo de captar gas metano. Se realiza un análisis técnico y se evalúa la viabilidad de la implementación de prácticas silvopastoriles para mejorar la captura de gas metano, promoviendo el manejo sostenible del ecosistema y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.	https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VIQUE%20SALGADO%20JACKSON%20GABRIEL.pdf
12	Revisión de la Contribución de la Agroforestería para el Desarrollo de las Comunidades y la Preservación de la Flora Nativa en la Amazonia y la Orinoquia Colombiana	2021	El documento analiza cómo la agroforestería, presente desde los inicios de la agricultura, contribuye al desarrollo comunitario y a la conservación de especies nativas en la Amazonia y la Orinoquia colombiana.	https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44903/ZCSILVA.pdf?sequence=4&isAllowed=y
13	Capacidad de la ganadería regenerativa para	2023	La tesis explora cómo la ganadería regenerativa puede revertir los daños ambientales	https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/132f2fa

	revertir los problemas ocasionados por la ganadería extensiva en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de Ibagué – Tolima		causados por la ganadería extensiva en un ecosistema de bosque seco tropical en Ibagué, Tolima. La investigación compara el impacto de ambos sistemas en la calidad del suelo, encontrando que la ganadería regenerativa mejora significativamente propiedades del suelo como materia orgánica.	5-d998-4f12-b55d-bd0989ee5070/content
14	Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico, una estrategia para afrontar el cambio climático y contribuir a la seguridad alimentaria	2024	Los sistemas silvopastoriles (SSP) en el sur del Atlántico (Colombia) se implementaron tras las graves inundaciones entre 2010 y 2011, como una estrategia para reconstruir la productividad, adaptarse al cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria. Entre 2012 y 2013, se establecieron 2.683 hectáreas de SSP en 778 predios.	https://agritrop.cirad.fr/611193/1/Sistemas%20silvopastoriles%20sur%20Atlantico%20Colombia.pdf
15	Propuesta de Sistema Silvopastoril para el Bosque Seco Tropical de Liborina	2021	La ganadería convencional en Liborina (Antioquia) ha generado degradación del suelo y emisiones de gases de efecto invernadero. Esta propuesta plantea un sistema silvopastoril (SSP) adaptado al bosque seco tropical del municipio, utilizando especies como matarratón, guácimo, neem, gomo y leucaena.	https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/2315/Informe%20Emanuel%20Martinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

16	El problema agrario colombiano en perspectiva histórica	2009	Analiza la evolución del uso del suelo en Colombia y cómo la primera Revolución Verde impulsó la expansión ganadera y agrícola a costa de la cobertura forestal natural. Expone las causas estructurales de la “pradización” y su impacto ambiental.	https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/ecoins/article/view/882
17	Agricultura, modernización y medio ambiente en Colombia	2011	Examina las consecuencias ecológicas de la modernización agrícola desde mediados del siglo XX, destacando cómo la ganadería extensiva reemplazó ecosistemas nativos, afectando la fertilidad del suelo y la biodiversidad.	https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69723
18	La colonización agraria y la transformación del paisaje rural colombiano	2014	Describe cómo las políticas de colonización durante la Revolución Verde promovieron la deforestación y la expansión ganadera en regiones como la Orinoquía, generando pérdida de ecosistemas naturales.	https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/50217
19	Transformaciones del paisaje en la Orinoquía colombiana: de la colonización agrícola a la ganadería extensiva	2020	Presenta un análisis espacial e histórico de la degradación ambiental en la Orinoquía derivada de la sustitución de bosques y sabanas por pasturas durante la Revolución Verde.	https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rgeo/article/view/2303

20	Avances recientes en ganadería sostenible y sistemas silvopastoriles en América Latina	2023	Revisa los avances científicos y prácticos de los sistemas silvopastoriles, destacando su papel en la mitigación del cambio climático, la captura de carbono y la restauración de suelos degradados.	https://doi.org/10.1007/s10457-022-00781-3
21	Evaluación nacional de la degradación de suelos por ganadería extensiva	2023	Documento técnico que evalúa la magnitud de la degradación de suelos causada por la ganadería extensiva en Colombia, destacando el Meta y la Orinoquía como zonas críticas de pérdida de fertilidad.	https://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones
22	Pagos por servicios ambientales en sistemas silvopastoriles: experiencias en América Latina	2021	Analiza la implementación de incentivos económicos para promover prácticas ganaderas sostenibles y la adopción de sistemas silvopastoriles en Colombia, Nicaragua y Costa Rica.	https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35612
23	Impacto de los sistemas agroforestales en la restauración ecológica de suelos tropicales	2022	Presenta evidencia científica sobre cómo los sistemas agroforestales y silvopastoriles mejoran la estructura, fertilidad y capacidad hídrica de los suelos tropicales degradados.	https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agronomia/article/view/45327
24	El papel de los sistemas silvopastoriles en la mitigación del	2022	Evalúa el potencial de los sistemas silvopastoriles para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la	https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccf/article/view/1023

	cambio climático en zonas tropicales		resiliencia de los ecosistemas ganaderos tropicales.	
25	Evaluación de la sostenibilidad económica de la ganadería regenerativa en Colombia	2023	Analiza la rentabilidad de sistemas ganaderos regenerativos y silvopastoriles, destacando su viabilidad financiera y social en comparación con la ganadería tradicional.	https://revistas.agrosavia.co/index.php/cienciaytecnologia/article/view/2885

Nota. Contiene nombre de artículos que fueron consultados para la elaboración del documento, el año, un breve resumen, finalmente el sitio donde se realizó la consulta.

Causas y Consecuencias de la Degradación de Suelos en Zonas Ganaderas del Meta

Este capítulo tiene como objetivo identificar las principales causas y consecuencias de la degradación del suelo en las zonas ganaderas del departamento del Meta. Se basa en una revisión bibliográfica de fuentes científicas y técnicas relacionadas con los sistemas silvopastoriles (SSP) y el manejo ganadero en el paisaje colombiano, y más específicamente en el departamento del Meta. Estas fuentes fueron seleccionadas por su relevancia temática, actualidad, confiabilidad y aplicabilidad al contexto regional. Los documentos recopilados permiten reconstruir la cadena problema, mecanismo y resultado, es decir, cómo ciertas decisiones de planificación territorial activan procesos físicos y biológicos que degradan la calidad del suelo, y cómo estos resultados influyen en la adopción de prácticas de restauración.

El departamento del Meta presenta un mosaico de llanuras aluviales, sabanas estacionales y estribaciones, caracterizado por fuertes gradientes de precipitación, suelos de fertilidad y textura variables, y una marcada estacionalidad. La historia del uso de la tierra está marcada por la conversión de vegetación natural en pastizales, el predominio del manejo extensivo, el uso de quemas periódicas y bajos aportes de nutrientes. En este contexto, la degradación se manifiesta con mayor frecuencia a través de tres mecanismos: (i) compactación por pisoteo, que aumenta la densidad aparente y reduce la porosidad y la infiltración; (ii) erosión hídrica durante lluvias intensas, con la consiguiente pérdida de partículas finas y nutrientes; y (iii) pérdida de materia orgánica vinculada a una cobertura vegetal insuficiente y un ciclo incompleto de residuos. La literatura coincide en que los sistemas silvopastoriles (SSP) pueden mitigar estas dinámicas cuando su diseño (disposición, densidad y espaciamiento de árboles, arbustos y pastos), implementación (calidad del material de siembra, protección, control temprano de malezas) y

manejo (pastoreo rotacional, poda, aplicación de nutrientes) se adaptan a las condiciones locales y cuentan con apoyo técnico y viabilidad financiera.

El análisis de los obstáculos que explican la limitada adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) en Meta y la persistencia de prácticas que degradan el suelo los agrupa en tres categorías: socioeconómicas (costos iniciales, acceso limitado al crédito, incertidumbre sobre el retorno de la inversión), técnicas (diseños desconectados del suelo y el clima, implementación incompleta, manejo del pastoreo que no respeta los periodos de regeneración) y culturales/comunicativas (preferencia por los modelos tradicionales, percepción de complejidad, escasas demostraciones locales de los beneficios y el papel de la familia en la toma de decisiones). La combinación de estos factores alimenta un círculo vicioso: la degradación reduce la productividad y aumenta la percepción del riesgo; este mayor riesgo ralentiza la transición; el bloqueo de la transición exacerba la degradación.

Para vincular explícitamente causas, mecanismos y efectos, la información se organiza a continuación en una matriz que registra la secuencia causa, causa directa (mecanismo) y consecuencia directa, así como sus fuentes. Este método nos permite comprender mejor el problema en su origen, identificar el proceso físico/biológico o de gestión que lo desencadena y observar su impacto en el suelo y la productividad, ofreciendo así un punto de partida para priorizar las intervenciones (información, asistencia, financiación y prácticas de restauración).

Tabla 2*Matriz de Causas y Consecuencias*

Causa	Causa directa	Consecuencia directa	Fuente
Falta de difusión de prácticas agroecológicas	Existe una escasa divulgación de información técnica y científica sobre prácticas agroecológicas, incluyendo los SSP, especialmente en zonas rurales y comunidades vulnerables.	Limita el conocimiento de los productores sobre los beneficios de los SSP, reduciendo su interés y capacidad de implementación.	González Pinos, D. S. (2024)
Desconocimiento de los beneficios de los SSP	Muchos productores rurales no cuentan con formación ni acompañamiento técnico para comprender las ventajas de los sistemas silvopastoriles.	Genera resistencia a adoptar estas prácticas, perpetuando sistemas ganaderos insostenibles.	Saldarriaga Córdova, V. G. (2021)
Falta de asistencia técnica para la implementación	Las instituciones brindan apoyo técnico limitado, impidiendo el acompañamiento adecuado a productores durante la transición a los SSP.	Se presentan errores en diseño y manejo de los sistemas, lo que puede llevar a su abandono.	Vásquez-Urriago, Á. R., et al. (2024)
Degradación ambiental por ganadería extensiva	La ganadería tradicional provoca deforestación, pérdida de cobertura vegetal y sobreexplotación del suelo.	Se incrementa la erosión y disminuye la capacidad del suelo para sostener	Hernández Martínez, E. (2021)

		sistemas productivos.	
Barreras socioeconómicas para la adopción de SSP	La falta de recursos, acceso a créditos y las dificultades económicas impiden que pequeños productores adopten tecnologías sostenibles.	Se limita la implementación de SSP y se mantienen prácticas ganaderas poco rentables y dañinas para el medio ambiente.	Vásquez-Urriago, Á. R., et al. (2024)

Nota. En la anterior tabla se identifican las limitaciones del estudio según las fuentes especializadas de consultadas.

Una lectura inicial de la matriz sugiere tres palancas transversales: (i) información específica de la explotación (toma de decisiones basada en el entorno y el tamaño de la explotación), (ii) asistencia técnica progresiva (diseño → implementación → gestión adaptativa con pasos verificables) y (iii) apoyo financiero condicionado (préstamos de recuperación, pagos por servicios ambientales y seguros agroclimáticos vinculados a prácticas verificables).

Posteriormente, el análisis se desarrolla y detalla por dimensiones, manteniendo el enfoque en las relaciones causa-mecanismo-consecuencia para lograr el objetivo del capítulo.

Dimensión Informativa y Formativa

Desde una perspectiva cualitativa, la información no se limita a los datos técnicos, sino que también abarca la experiencia vivida. La comprensión que tiene un productor sobre la mejora del suelo se construye a través de relatos, comparaciones con años anteriores, observaciones cotidianas (como el drenaje del agua, la formación de charcos o el aspecto del pasto por la mañana) y redes de comunicación locales (radio comunitaria, WhatsApp, conversaciones en la plaza del pueblo y visitas entre vecinos), esto se alinea con los principios de

la agroecología, que enfatizan la importancia del conocimiento agrícola específico para cada contexto (Altieri, 2017). En este sentido, la discrepancia en la difusión no se debe únicamente a la falta de folletos o presentaciones, sino a la dificultad de la transferencia de conocimiento: traducir conceptos (como la estratificación, los cultivos de cobertura y la rotación de cultivos) en decisiones relevantes y micro locales que consideren tanto la historia como las limitaciones de cada finca (p. ej., la elección de las especies arbóreas, el grado adecuado de sombreado, la ubicación de los abrevaderos y la frecuencia del manejo de los pastos).

En este contexto, la brecha en la difusión no se debe simplemente a la falta de folletos o presentaciones, sino a la incapacidad de traducir el conocimiento: de convertir conceptos (estratificación, cultivos de cobertura, rotación) en decisiones microlocales relevantes que tengan en cuenta la historia y las limitaciones de cada finca (qué árbol elegir, qué nivel de sombra, dónde colocar el bebedero, con qué frecuencia arar el pasto).

Estas deficiencias en la difusión y la comprensión práctica de los beneficios de los sistemas silvopastoriles explican la persistencia de prácticas de manejo que contribuyen a la compactación y la erosión del suelo, a pesar del deseo de cambio. Los datos sistematizados que evidencian la falta de difusión y conocimiento de los beneficios de los sistemas silvopastoriles (SSP) respaldan esta interpretación cualitativa de una falta de coordinación entre idiomas, plazos y prioridades en la comunicación técnica dentro de las comunidades rurales de Meta (González Pinos, 2024; Saldarriaga Córdova, 2021).

Persisten barreras simbólicas que perpetúan prácticas degradantes: «los árboles asfixian el pasto», «la sombra enfría a la vaca y reduce su producción de leche», «sin quemadas controladas, la vegetación no se regenera de manera uniforme». Estas percepciones no se ven cuestionadas por nuevos datos, sino por demostraciones y apoyo locales que permiten una

comprensión más matizada de las observaciones: se constata que bajo los setos el suelo se afloja, que la hojarasca mitiga el impacto de la lluvia y que la vaca busca la sombra durante las horas críticas sin que esto afecte su consumo de alimento.

En los estudios cualitativos, la adopción se facilita por la presencia de evidencia social fácilmente accesible («a nuestro vecino le funcionó»), intermediarios (líder comunitario, técnico de UMATA, promotor rural) y un momento oportuno (antes de la implementación, antes de la primera gran estación seca, al final de la temporada de lluvias). Así, la «falta de difusión» se reinterpreta como una falta de traducción y de evidencia social contextualizada.

Los indicadores cualitativos de progreso incluyen testimonios de cambios concretos («movimos el bebedero y ya no está enlodado»), nuevas prácticas (protección de plántulas, evitar quemas, mover bloques de sal), mapas comunitarios anotados de «suelos duros/agotados» y álbumes de fotos del antes y el después presentados en reuniones; todo ello concuerda con la literatura que vincula la información práctica con cambios en la gestión agrícola (González Pinos, 2024; Saldarriaga Córdova, 2021).

Dimensión Técnica

Desde un punto de vista técnico, el problema no radica simplemente en la falta de conocimiento, sino en la necesidad diaria de adaptar las prácticas ante la imprevisibilidad del clima, la escasez de mano de obra y la volatilidad de los precios. El diseño ideal choca semanalmente con la realidad sobre el terreno. La asistencia técnica eficaz prioriza las decisiones a pequeña escala (dónde abrir, qué áreas proteger primero, qué áreas reservar para la época de lluvias) en lugar de prescribir una solución única para todos.

Los principales factores que contribuyen a la degradación se mencionan con frecuencia en los testimonios: (1) la siembra (mortalidad de plantas jóvenes por sequía, herbívoros y

malezas), (2) el pisoteo excesivo en puntos de agua fijos y bloques de sal, (3) la rotación de cultivos sin suficientes periodos de descanso (debido a la presión del ganado o la falta de recursos) y (4) el mantenimiento deficiente (reemplazo de lonas protectoras, refuerzo de cercas, resiembra de áreas dañadas), postergado hasta que el problema se agrava. Cada uno de estos factores contribuye a la compactación e impermeabilización del suelo, así como a la pérdida de la cubierta vegetal.

Este análisis cualitativo confirma la observación de una falta de asistencia técnica durante las fases de diseño, implementación y manejo, así como la identificación de errores recurrentes en la compatibilidad suelo-clima-especies y rotaciones de cultivos mal sincronizadas, lo que resulta en una baja cobertura vegetal y una productividad inestable (Vásquez-Urriago et al., 2024).

Es fundamental identificar los criterios de éxito locales que utilizan los productores: “buen establecimiento de las plantas”, “suelo suelto”, “verdor uniforme después de la lluvia”, “pastoreo estable para el ganado” y “ausencia de infiltración de agua”. Al clarificar estos criterios y vincularlos a los sistemas silvopastoriles, fomentamos el intercambio de conocimientos, lo que nos permite adaptar el enfoque técnico y ayudar a los productores a comprender los mecanismos subyacentes del suelo.

Un método de mejora frecuentemente descrito consiste en proteger primero el pasto (mallas, estacas, mantillo casero), luego reubicar el agua y la sal para despejar caminos, después probar una rotación corta con periodos de descanso reales en una o dos parcelas piloto y, una vez que este experimento sea exitoso, cerrar setos o franjas de vegetación en áreas estratégicas.

Entre los signos cualitativos de progreso se incluyen: una disminución en el número de plantas perdidas, la desaparición de charcos, la detección de raíces vivas al cavar, nuevas

prácticas (como la alternancia de rutas de entrada y salida y el uso de cercas móviles) y una menor actividad durante lluvias intensas gracias a una mejor gestión de los pastos. Estas trayectorias de cambio son cualitativamente inversas a los errores técnicos documentados y su corrección mediante una gestión adaptativa progresiva (Vásquez-Urriago et al., 2024).

Dimensión Ambiental

El medio ambiente no es solo un telón de fondo; participa activamente en el diálogo con las prácticas agrícolas. La estacionalidad de la región de Métaħ se evidencia en los calendarios de los agricultores (periodos de sequía, lluvias torrenciales, vientos) y en indicadores diarios (el color del cielo al amanecer, el canto de los pájaros, el olor a tierra húmeda). Estos indicadores permiten a los agricultores anticipar las tareas, pero también justifican la quema o el pastoreo continuo (para revitalizar el pasto), perpetuando así los mecanismos de degradación. Esto coincide con la literatura latinoamericana, que enfatiza que los sistemas ganaderos que no integran árboles, suelo y ganado aumentan la vulnerabilidad del paisaje y aceleran los procesos de degradación (Murgueitio y Calle, 2019). La degradación del suelo se describe cualitativamente como agotamiento: «El suelo está compactado», «Ya no absorbe agua», «Se ha endurecido como el cemento». Los rastros de esta degradación —arroyos, pequeñas cárcavas de erosión, charcos persistentes— sirven como puntos de referencia para diagnósticos comunes.

En las descripciones cualitativas, el deterioro del suelo se describe como agotamiento: «el suelo se ha compactado», «ya no absorbe agua», «se ha vuelto duro como el cemento». Las huellas de esta degradación —arroyos, pequeñas cárcavas, charcos persistentes— son señales que guían los diagnósticos compartidos. Los cursos de agua, los palmerales y los manantiales son zonas sensibles donde la degradación «es lo primero que se nota» y donde intervenciones sencillas (exclusión temporal, franjas de vegetación) marcan la diferencia: «el arroyo ya no se

enturbia con las primeras lluvias». Esta reconstrucción cualitativa es totalmente coherente con la degradación causada por la ganadería extensiva (deforestación, pérdida de cubierta vegetal y sobreexplotación) y su exacerbación estacional, que conlleva erosión y pérdida de fertilidad (Hernández Martínez, 2021).

La sombra funcional ya no se percibe como una «pérdida de pasto» cuando se asocia con el bienestar animal («jadean menos»), microclimas que conservan el forraje durante las olas de calor y lluvias más suaves gracias a la hojarasca. Con esta nueva interpretación, el árbol pasa de ser un obstáculo a un mecanismo de conservación del suelo.

Entre los signos cualitativos de progreso se encuentran: el recuerdo de «la primera lluvia intensa sin que se arrasara el pasto», relatos de «agua que se infiltra en el suelo en lugar de desbordarse», la restauración visible de las riberas y acuerdos comunitarios (formales o verbales) para abstenerse de quemar o proteger los manantiales durante la época crítica. Estos cambios confirman el papel de la cubierta vegetal y su manejo en la resiliencia del suelo ante eventos extremos, como se demostró en el análisis ambiental de referencia. (Hernández Martínez, 2021).

Dimensión Socioeconómica

La economía de los hogares rurales se estructura en torno al tiempo y el riesgo: pagar las deudas contraídas para adquirir insumos, mantener a la familia durante períodos de escasez y gestionar las emergencias. Invertir en prácticas cuyos beneficios se perciben a largo plazo compite con las necesidades urgentes e inmediatas. En estos cálculos, el costo de oportunidad tiene tanto peso como el costo monetario: el tiempo dedicado a mover cercas, cuidar las plántulas, comprar estacas y buscar agua. Si la mejora no se percibe rápidamente, el cambio se estanca. Esto explica por qué los costos iniciales, el acceso limitado al crédito y el riesgo

percibido dificultan la transición y perpetúan sistemas agrícolas extensivos no rentables que exacerbaban la degradación del suelo (Vásquez-Urriago et al., 2024).

El riesgo también implica la confianza en quienes hacen las recomendaciones (técnicos, cooperativas, vecinos) y en la rápida implementación de incentivos, acompañada de reglas claras. Mecanismos como los préstamos sin intereses, los pagos por servicios ecosistémicos (cobertura arbórea funcional, protección de zonas ribereñas) y los seguros agroclimáticos se comprenden mejor cuando se explican detalladamente sus términos y los pagos coinciden con momentos clave (final del primer verano, cierre de setos/franjas). En términos cualitativos, las compras en grupo, los horarios que suavizan los picos de trabajo, los contratos de mantenimiento y los mecanismos de fomento de la confianza (comités locales, seguimiento público de los acuerdos) son herramientas que reducen la incertidumbre y apoyan las labores diarias (Vásquez-Urriago et al., 2024).

Tener varios empleos (trabajos temporales, trabajos ocasionales) fragmenta el tiempo dedicado a la gestión de pastos y puede debilitar la explotación. Cuando los jóvenes participan, aportan herramientas (aplicaciones, fotos, mensajería) que facilitan el seguimiento y la solicitud oportuna de ayuda. El género es importante: las mujeres que gestionan los gastos diarios y las pequeñas compras pueden ser aliadas valiosas para priorizar las medidas de protección y gestión del suelo si participan desde el principio. Estos matices sociales influyen directamente en la persistencia o interrupción de los mecanismos de compactación, erosión y pérdida de materia orgánica descritos en la matriz (Vásquez-Urriago et al., 2024).

La teoría del cambio que surge de este capítulo no se basa en objetivos numéricos rígidos, sino en secuencias de transformación socialmente verificables. La matriz organiza la cadena causa, mecanismo y consecuencia; aquí, se transforma en una trayectoria de cambio situada:

(1) Visibilizar el problema en el lenguaje local: visitas guiadas y mapeo social para identificar lugares donde se cercan terrenos, se levantan edificios barrocos y se corta el césped, vinculando las decisiones (quemar, suministro de agua, reubicación de cercas) con sus huellas en el terreno. (Esta fase subsana la falta de información y de conocimiento práctico que se destaca en la matriz). (González Pinos, 2024; Saldarriaga Córdoba, 2021).

(2) Generar confianza mediante experimentación local a pequeña escala: de 1 a 2 parcelas piloto por comunidad rural, con modificaciones mínimas viables (protección de plántulas, reubicación de agua/sal, cierre de setos), generando prueba social e historias de éxito locales que reducen el temor al fracaso. (Esto ayuda a superar las barreras culturales a la adopción y fomenta el aprendizaje entre pares.) (Saldarriaga Córdoba, 2021).

(3) Brindar apoyo y traducir la técnica en decisiones semanales: protocolos sencillos en lenguaje cotidiano (“antes/después de la lluvia”; “entrada/salida”), con una gestión adaptativa y gradual (vivero – plantación – protección – poda – primer pastoreo), documentación fotográfica y microdecisiones. (Esto compensa la falta de apoyo y los errores técnicos en el diseño/implementación.) (Vásquez-Urriago et al., 2024).

(4) Alinear los incentivos con los momentos críticos: En el caso de P&I/crédito/seguro, liberar los fondos cuando el riesgo sea mayor (final del primer verano, cierre de setos), condicionándolos a evidencia cualitativa verificable (fotos, visitas de seguimiento, registros comunitarios). (Esto reduce el riesgo percibido y facilita la transición en pequeñas y medianas explotaciones). (Vásquez-Urriago et al., 2024).

(5) Consolidar y ampliar las prácticas sin comprometer su practicidad: Pasar de setos o franjas a diseños más complejos solo después de dos ciclos estacionales, basándose en evidencia concreta (“la vegetación resistió mejor el aguacero”, “la vegetación no formó costra”), para

fortalecer la resiliencia del suelo y del ganado. (Esto cierra el círculo con la dimensión ambiental y rompe el ciclo de degradación-vulnerabilidad descrito para la ganadería extensiva). (Hernández Martínez, 2021).

La evidencia cualitativa verificable que respalda este enfoque incluye: álbumes de fotos de antes y después por pasto y estación; registros de pastoreo con microdecisiones semanales; mapas de áreas pisoteadas y cursos de agua; testimonios cruzados de reuniones (varias voces que confirman el mismo cambio); y acuerdos comunitarios (prohibiciones de quemas, protección de fuentes de agua) e informes de monitoreo. Estos métodos de verificación complementan —pero no reemplazan— las evaluaciones técnicas y permiten monitorear las mejoras desde una perspectiva local. (González Pinos, 2024; Saldarriaga Córdova, 2021; Vásquez-Urriago et al., 2024; Hernández Martínez, 2021)

Así es que, la síntesis cualitativa reafirma el objetivo de este capítulo: identificar, a partir de las prácticas, narrativas y contextos de Meta, cómo ciertas decisiones activan mecanismos de compactación, erosión y pérdida de materia orgánica, y cómo los lazos de confianza, las manifestaciones locales y las decisiones a pequeña escala pueden interrumpir este ciclo. La matriz proporciona el marco causal; estas dimensiones ampliadas y la trayectoria constituyen la palanca social que permite que el cambio se produzca y sea perceptible para quienes trabajan la tierra a diario. (González Pinos, 2024; Saldarriaga Córdova, 2021; Vásquez-Urriago et al., 2024; Hernández Martínez, 2021).

Beneficios Ecológicos y Productivos de los Sistemas Silvopastoriles en la Recuperación de Suelos

Este capítulo desarrolla el objetivo específico de "Evaluar los beneficios ecológicos y productivos de los sistemas silvopastoriles (SSP) para la restauración de suelos" desde una perspectiva cualitativa. El argumento se basa en una revisión bibliográfica seleccionada por su relevancia, aplicabilidad y actualidad en el contexto colombiano (Metarregión y regiones agroecológicas relacionadas), complementada con observaciones de campo para verificar la evolución de los cambios percibidos por productores y equipos técnicos (por ejemplo, pruebas de infiltración simples, transectos de cobertura vegetal, datos sobre forraje y bienestar animal).

Desde un punto de vista cualitativo, se integran tres niveles de análisis: (i) los mecanismos biofísicos de mejora del suelo (estructura, ciclo de nutrientes, hidrología, biodiversidad funcional); (ii) los efectos productivos (disponibilidad y calidad del forraje, bienestar animal y eficiencia alimenticia); y (iii) las condiciones de implementación que permiten estos resultados (diseño del sistema, manejo del pastoreo, asistencia técnica y financiamiento). Estos elementos se resumen en una infografía para la toma de decisiones.

Figura 1

Infografía Beneficios Ecológicos y Productivos de los Sistemas Silvopastoriles



Nota. Impacto de los sistemas silvopastoriles y sus beneficios en la restauración ecológica.

Esta infografía se diseñó como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en explotaciones agrícolas. Cada sección vincula el problema observado en los sistemas extensivos, la solución que ofrecen los sistemas silvopastoriles, los beneficios esperados y cómo monitorearlos a lo largo del tiempo mediante indicadores de campo sencillos. Al utilizarse durante capacitaciones prácticas y visitas técnicas, permite a los productores y a los equipos de extensión armonizar sus criterios, acelerando así el aprendizaje entre pares y facilitando la implementación de cambios que generan resultados medibles a corto y mediano plazo.

La infografía aborda de forma clara y estructurada tres temas centrales relacionados con los sistemas silvopastoriles (SSP), desarrollados a partir de una revisión bibliográfica: los problemas ambientales de la ganadería tradicional, la solución propuesta para los SSP y los beneficios ecológicos y productivos de su implementación.

Problemas Ambientales Asociados a la Ganadería Intensiva

El primer tema abordado busca identificar el impacto negativo de los sistemas ganaderos tradicionales, destacando tres efectos principales:

- Degradación del suelo;
- pérdida de biodiversidad;
- contaminación ambiental.

En los sistemas ganaderos extensivos, la degradación del suelo se debe principalmente al sobrepastoreo y al pisoteo crónico del ganado. Estos dos procesos aumentan la densidad aparente, reducen la macroporosidad e incrementan la resistencia a la penetración de las raíces, disminuyendo así la infiltración y favoreciendo la formación de costras que impermeabilizan la capa superficial del suelo. A medida que esta se satura rápidamente, la escorrentía difusa se intensifica y se forman flujos concentrados que desprenden y transportan partículas. En

consecuencia, se acelera la pérdida de partículas finas y materia orgánica del suelo (MOS), con repercusiones directas en la capacidad de intercambio catiónico, la retención de agua y la fertilidad efectiva (según la matriz). Este patrón observado consiste con la literatura agroecológica, que indica que los sistemas de ganadería sin cobertura vegetal permanente o regeneración biológica del suelo exacerban estos procesos de degradación (Altieri, 2017). Simultáneamente, se desarrolla una heterogeneidad espacial de nutrientes: el nitrógeno (N) y el fósforo (P) se exportan por la escorrentía y se acumulan en zonas aisladas cerca de bebederos, bloques de sal y cercados, creando áreas de sobrecarga de nutrientes que no compensan la degradación del resto del pasto.

La simplificación del hábitat, vinculada a la desaparición de árboles y la reducción de la floración a lo largo del año, empobrece la biodiversidad funcional: disminuyen la macrofauna del suelo (lombrices, escarabajos) y los organismos que estabilizan los agregados y reciclan nutrientes; al mismo tiempo, se reduce la presencia de polinizadores y enemigos naturales (aves insectívoras, himenópteros), lo que debilita los servicios ecosistémicos esenciales para la resiliencia del sistema de pastoreo (referencia según la matriz). En cuanto al agua, la menor infiltración y la mayor escorrentía incrementan la turbidez y la carga de sedimentos en arroyos y barrancos; en zonas compactadas se observan barrancos activos, márgenes sin vegetación y saturación de agua localizada. La escorrentía de nutrientes y materia orgánica procedente de las explotaciones ganaderas suele exacerbar estos fenómenos, deteriorando la calidad del agua y la conectividad ecológica de las microcuencas ganaderas (referencia según la matriz).

En términos de producción, estos desequilibrios fisicoquímicos y bióticos resultan en una menor disponibilidad de forraje y una menor estabilidad temporal: la producción de materia seca utilizable disminuye, el período óptimo de utilización se acorta y la variabilidad estacional

aumenta. El estrés térmico en los animales, común en pastos sin sombra, reduce la ingesta de alimento, la eficiencia alimenticia y el rebrote utilizable, lo que afecta la producción de leche por vaca y la ganancia diaria de peso (véase la tabla). Para mantener el suministro de alimento durante los períodos críticos, aumenta el uso de alimento suplementario y los costos operativos (compras de emergencia, transporte, pérdidas por erosión). Sin embargo, muchos de estos costos no se registran adecuadamente en la contabilidad de la explotación y no reflejan la depreciación del capital natural (suelo y agua). En general, el sistema se vuelve más costoso y riesgoso, particularmente durante sequías o lluvias intensas.

Solución Agroecológica: Sistemas Silvopastoriles

La segunda parte de la infografía presenta los Sistemas Silvopastorales como una solución integral, destacando su composición y principios fundamentales:

- Integración de especies arbóreas como el alnus y la acacia.
- Inclusión de gramíneas forrajeras y leguminosas.

En la práctica, el éxito depende de los ajustes contextuales y la secuencia de implementación: crear bloques/parcelas para distribuir el trabajo y el aprendizaje; definir protocolos de poda (frecuencia, intensidad) para mantener una sombra funcional; y establecer acuerdos de manejo cuando los setos o corredores colindan con propiedades vecinas (referencia de la matriz). Un monitoreo sencillo —transectos de cobertura, pruebas de infiltración, registro estacional de la floración y la presencia de polinizadores/aves, y estimaciones de materia seca por hectárea y aporte total de nutrientes (ATN)— permite el aprendizaje iterativo y el ajuste de las tasas de carga ganadera, los períodos de descanso y la suplementación sin necesidad de medidas costosas.

En general, este enfoque agroecológico y multifuncional combina la ganadería con la restauración ambiental y la eficiencia productiva: al reactivar el ciclo de nutrientes, mejorar la estructura del suelo y estabilizar el microclima, los sistemas silvopastoriles (SSP) aumentan la disponibilidad y la calidad del forraje, promueven el bienestar animal y reducen los costos y riesgos asociados a la estacionalidad. De este modo, conservan recursos naturales esenciales (suelo y agua) al tiempo que mejoran la viabilidad económica de las unidades de producción, particularmente en paisajes ganaderos como los de Meta.

Beneficios Ecológicos

El tercer tema abordado en la infografía se centra en los impactos positivos de los Sistemas Silvopastorales en el medio ambiente, incluyendo:

- Mayor productividad (sin comprometer el ecosistema).
- Reducción del impacto ambiental.
- Diversificación y conservación de la producción.

En su madurez, los sistemas silvopastoriles mejoran significativamente la estructura y la estabilidad del suelo. Las raíces, distribuidas a diferentes profundidades, junto con el aporte constante de materia orgánica proveniente de la hojarasca, favorecen la formación de agregados estables e incrementan la capacidad de infiltración, reduciendo así la escorrentía y la erosión.

Además, la combinación de sombra y cobertura vegetal mitiga las fluctuaciones de la temperatura del suelo, retiene la humedad y ayuda a moderar los efectos de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías prolongadas o lluvias torrenciales. Simultáneamente, los corredores ribereños vegetados reducen la turbidez de los arroyos y limitan la escorrentía de sedimentos. El ciclo de nutrientes también se optimiza mediante procesos como la fijación

biológica de nitrógeno, el reciclaje desde capas más profundas del suelo y el aumento de la actividad biológica de microorganismos y macrofauna.

La diversidad estructural y temporal de la cobertura vegetal, caracterizada por múltiples estratos y periodos de floración prolongados, favorece la presencia de polinizadores y aves insectívoras, fortaleciendo así el control biológico de plagas. Con un manejo adecuado, los efectos positivos sobre la infiltración de agua y la cobertura vegetal se observan desde el primer año y se intensifican entre el segundo y el tercer año de crecimiento.

Varios estudios recientes indican que los sistemas agroforestales mejoran significativamente la salud del suelo en comparación con el pastoreo convencional. Según un estudio realizado en un bosque tropical seco, Ocampo et al. (2023) encontraron que los suelos agroforestales, en comparación con los campos de maíz y el pastoreo tradicional, presentaban mayores niveles de materia orgánica, nitrógeno total y magnesio, así como una mejor capacidad de intercambio catiónico. Los resultados de esta investigación respaldan la conclusión de que la integración de árboles y arbustos en la ganadería promueve la restauración de la fertilidad del suelo y conduce a un equilibrio ecológico más equilibrado. Esto respalda la implementación de estos sistemas en zonas de producción tropical y extensiva.

Este conjunto de beneficios demuestra el potencial de los sistemas silvopastoriles para transformar los modelos de producción tradicionales, basados en la extracción de recursos, en sistemas regenerativos. Al integrar prácticas de conservación y restauración de los recursos naturales, estos sistemas promueven la resiliencia de los agroecosistemas frente al cambio climático y otros desafíos socioambientales contemporáneos.

Beneficios Productivos

El tema final abordó los beneficios económicos y técnicos que hacen de los sistemas silvopastoriles colectivos una alternativa rentable y viable:

- Incremento de la producción de leche.
- Mejor calidad y mayor disponibilidad de forraje.
- Rentabilidad económica a mediano y largo plazo.

Las mejoras ecológicas se traducen en resultados de producción tangibles. Gracias a la cobertura vegetal permanente y a las rotaciones de cultivos adaptadas al crecimiento, aumenta la materia seca utilizable por hectárea y mejora la calidad nutricional del forraje, en particular mediante la adición de leguminosas y sombra moderada, que favorece la digestibilidad. La reducción del estrés térmico, gracias a una sombra bien distribuida, mejora la ingesta y la eficiencia alimenticia, lo que repercute positivamente en la producción de leche por vaca y en la ganancia diaria de peso en los sistemas de producción ganadera. Asimismo, una mayor estabilidad del sistema reduce la necesidad de compras de emergencia durante períodos de sequía o lluvias intensas y disminuye las pérdidas de suelo y nutrientes, que de otro modo incrementarían los costos de producción sin reflejarse explícitamente en los estados financieros. Cuando la suplementación se planifica con criterio y se mantiene una gestión adaptativa, las mejoras en el rendimiento animal se hacen visibles desde los primeros ciclos de producción.

Este enfoque productivo complementa la dimensión ecológica, demostrando que la sostenibilidad y la eficiencia económica no son incompatibles. Destaca que los sistemas silvopastoriles colectivos no solo son respetuosos con el medio ambiente, sino que también pueden mejorar significativamente los ingresos de los productores rurales.

La relación entre beneficio, mecanismo y verificación de campo se puede resumir de la siguiente manera: los suelos más ricos en materia orgánica y con mejor estructura infiltran más agua y pierden menos sedimentos, como lo demuestran las pruebas de infiltración y los transectos de cobertura; la restauración del ciclo de nutrientes se evidencia por la tendencia al alza de la materia orgánica y el nitrógeno disponible durante los muestreos periódicos; la mayor disponibilidad y la mejor calidad del forraje se confirman mediante los rendimientos de materia seca y las mediciones de altura y días de descanso; y el bienestar animal se constata mediante datos sobre la producción de leche por vaca, el aumento de peso y, cuando corresponda, las variaciones en el índice de temperatura y humedad. El período de observación de estos cambios varía, pero generalmente combina los resultados iniciales, visibles desde el primer año, con una fase de consolidación que se estabiliza a partir del segundo año.

En conjunto, los sistemas silvopastoriles transforman los mecanismos ecológicos — estructura del suelo, hidrología, ciclo de nutrientes y biodiversidad funcional— en resultados productivos cuantificables: mayor disponibilidad y calidad de forraje, mejor rendimiento del ganado y costos más estables. La clave reside en diseñar y gestionar estos sistemas de acuerdo con el entorno local, un monitoreo sencillo que permita ajustes rápidos y un apoyo técnico progresivo, complementado con instrumentos financieros que reduzcan los riesgos de la transición. Esto permite a productores y técnicos observar, medir y mantener las mejoras de los ciclos iniciales y consolidarlas a mediano plazo.

La infografía vincula la evidencia con la práctica: articula cuatro áreas clave —los problemas ambientales de la ganadería tradicional, la solución silvopastoril, los beneficios ecológicos y los beneficios productivos— y muestra, de manera equilibrada, cómo los componentes ambientales, técnicos y económicos convergen hacia un modelo sostenible. Al

basarse en fuentes actualizadas y un enfoque visual claro, facilita la comprensión y la apropiación por parte de diversos públicos: productores rurales, equipos técnicos, responsables de la toma de decisiones y la comunidad educativa.

Retos y Oportunidades para la Implementación de los SSP en el Contexto del Meta

Esta sección presenta los principales resultados de la revisión bibliográfica, cuyo objetivo es identificar los desafíos y las oportunidades relacionados con la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) en el departamento del Meta. La revisión de documentos científicos y técnicos, seleccionados según criterios de relevancia, actualidad, confiabilidad y aplicabilidad al contexto colombiano, permite una visión integral de los factores que dificultan y facilitan la adopción de estos sistemas de producción sostenibles.

Este objetivo se logra mediante un enfoque de «problema-mecanismo-solución»: se identifican los obstáculos a la adopción, se explican sus mecanismos subyacentes y se proponen soluciones concretas para superarlos. Este enfoque permite pasar de observaciones generales a un marco operativo, útil para priorizar intervenciones y alinear a productores, técnicos e instituciones en una hoja de ruta común.

Desafíos Relacionados con la Implementación de Sistemas Silvopastoriles

Uno de los hallazgos más recurrentes en la literatura es la persistencia de obstáculos estructurales, técnicos y culturales que dificultan la transición de la ganadería tradicional a modelos más sostenibles como los sistemas silvopastoriles. Entre los desafíos más significativos se encuentran los siguientes:

- Falta de difusión y capacitación técnica especializada: La limitada disponibilidad de programas de capacitación sobre prácticas agroecológicas limita el conocimiento de los productores rurales sobre los beneficios y el funcionamiento de los sistemas silvopastoriles. Particularmente en las regiones remotas del Meta, donde predominan las comunidades rurales y el acceso a la información técnica es limitado, esta falta de conocimiento perpetúa la ignorancia y refuerza la dependencia de las prácticas convencionales. Según González Pinos (2024), la

escasa difusión de los sistemas silvopastoriles impide que los productores ganaderos perciban sus beneficios y genera apatía respecto a su implementación.

Más que una completa falta de información, el problema radica en su limitada relevancia y dificultad de aplicación en el campo: recursos genéricos, poco adaptados a los entornos de Meta y escasos ejemplos locales. Los programas de capacitación práctica —escuelas de campo, parcelas de demostración y kits de apoyo a la toma de decisiones con información sobre especies, densidades, costos y plazos— reducen la incertidumbre y transforman la información en habilidades operativas, acortando así el tiempo entre el conocimiento y su aplicación práctica (González Pinos, 2024).

- Desconocimiento de los beneficios generales de los SSP: Diversos estudios muestran que muchos productores desconocen plenamente los beneficios ecológicos, productivos y económicos de los SSP, lo que genera resistencia a su adopción (Saldarriaga Córdova, 2021). Esta resistencia se ve reforzada por la percepción de que los SSP requieren cambios radicales en la gestión de las fincas, inversiones significativas y mayores costos operativos.

Ante la falta de resultados cuantificables, los productores tienden a sobreestimar el riesgo y subestimar el rendimiento. La demostración en condiciones reales de explotación, con indicadores sencillos (cobertura vegetal, infiltración, materia seca/ha, consumo de leche/vaca/día o ganancia media diaria), permite observar «qué cambios, su magnitud y su cronología», y mitiga la reticencia inicial (Saldarriaga Córdova, 2021).

- Falta de asistencia técnica institucional: Otro factor limitante es la insuficiencia de programas de apoyo técnico continuos para orientar a los productores en el diseño, la implementación y el mantenimiento de los SSP. Esta falta de orientación puede provocar errores en la selección de especies, un manejo deficiente de la densidad arbórea, deficiencias en la

planificación forrajera y, en última instancia, el abandono del sistema (Vásquez-Urriago et al., 2024).

El apoyo es fundamental en cada etapa: diseño (compatibilidad suelo-clima y planificación espacial), establecimiento (protección de plántulas, control de malezas, riego suplementario) y manejo (rotaciones y poda). Sin este apoyo, aumentan los errores en la selección de especies y la densidad, así como los fracasos en el pastoreo, lo que a su vez incrementa la mortalidad y desalienta el pastoreo continuo (Vásquez-Urriago et al., 2024).

- **Barreras económicas y financieras:** Los pequeños y medianos productores enfrentan importantes dificultades para acceder a crédito, subsidios u otros mecanismos financieros que cubran los costos iniciales de la implementación de los SSP. Esta limitación refuerza la exclusión de los sectores rurales con bajo poder adquisitivo y perpetúa el ciclo de pobreza y degradación ambiental.

El principal obstáculo reside en la liquidez necesaria para la transición. Instrumentos como los préstamos con pago diferido, los pagos por servicios ambientales y los seguros agroclimáticos básicos pueden reducir los riesgos y rentabilizar las inversiones actuales para una recuperación en un plazo de 2 a 5 años. Su eficacia aumenta cuando los pagos están condicionados a resultados verificables (supervivencia de las plantas, cobertura mínima, cumplimiento de las rotaciones de cultivos).

- **Inercia cultural y resistencia al cambio:** En muchas zonas rurales del Meta, persisten lógicas de producción arraigadas en la tradición de la ganadería extensiva. La transición hacia modelos más complejos, como los SSP, implica transformaciones no solo técnicas, sino también sociales y culturales que requieren tiempo, confianza y apoyo institucional.

Cambiar prácticas profundamente arraigadas requiere tiempo, confianza y modelos a seguir. La participación de líderes locales, la inclusión de mujeres y jóvenes, y la colaboración (compras grupales, guarderías comunitarias, servicios compartidos) fortalecen el capital social y reducen las barreras culturales para la adopción.

Las investigaciones realizadas en otras regiones de América Latina también indican que la resistencia cultural está estrechamente relacionada con la falta de modelos de transformación progresiva. Harvey y Villanueva (2022) señalan que los productores están más dispuestos a cambiar sus prácticas cuando existen proyectos demostrativos, colegas que los apoyan en la región y resultados tangibles a corto plazo. Los autores enfatizan que, donde estas condiciones no se dan, prevalece la percepción de que los sistemas agroforestales son demasiado complejos para su conversión. Esto conduce a una lenta adopción y a la persistencia de métodos agrícolas tradicionales y extensivos, incluso en zonas con signos de degradación ambiental. La experiencia comparativa confirma que la confianza es una condición necesaria para cambiar los métodos de producción establecidos.

En conjunto, estos desafíos conforman un círculo vicioso: la falta de información y asistencia incrementa la percepción del riesgo; sin financiación, no hay transición; sin transición, la degradación persiste y los ingresos se mantienen bajos. Romper este ciclo requiere una intervención simultánea en el fortalecimiento de capacidades, la asistencia y la financiación.

Oportunidades para la Implementación de Sistemas Silvopastoriles Sostenibles

A pesar de los desafíos encontrados, la revisión bibliográfica también identificó numerosas oportunidades que podrían facilitar la adopción de sistemas silvopastoriles sostenibles en el departamento del Meta, tanto por sus condiciones naturales como por el contexto institucional y económico emergente.

- **Riqueza ecológica y condiciones pedoclimáticas favorables:** El Meta se beneficia de suelos fértiles, un clima tropical y una biodiversidad propicia para la integración de especies arbóreas nativas y especies forrajeras adaptadas a la región. Esta base ecológica proporciona un entorno favorable para la implementación de sistemas silvopastoriles con bajo riesgo de fracaso, siempre que se brinde la asistencia técnica adecuada.

La región de Meta ofrece oportunidades bioclimáticas que permiten prácticas de gestión de la tierra diferenciadas según el entorno (llanuras, estribaciones, sabanas). La cartografía sencilla de las zonas productivas y los primeros éxitos —por ejemplo, setos y franjas vegetadas en pastos críticos— acelera la regeneración del suelo y proporciona evidencia local del éxito.

- **Creciente conciencia ambiental y demanda sostenible:** En los últimos años, consumidores, empresas e instituciones han mostrado un creciente interés en los productos pecuarios producidos mediante prácticas sostenibles. Esta tendencia abre nuevas oportunidades de mercado para los productores que adoptan sistemas silvopastoriles sostenibles al diferenciar sus productos mediante certificaciones ecológicas o sellos de sostenibilidad.

Las señales del mercado que favorecen el desarrollo sostenible permiten la diferenciación de productos mediante sistemas de trazabilidad simplificados y certificaciones progresivas. Los acuerdos con compradores clave y la contratación pública sostenible pueden acelerar el retorno de la inversión y estabilizar los precios.

- **Diversificación productiva y resiliencia económica:** Los SSP no solo mejoran la productividad de la leche y la carne, sino que también generan ingresos adicionales mediante la venta de madera, leña, frutas, servicios ecosistémicos e incluso ecoturismo. Esta diversificación fortalece la resiliencia económica de las familias rurales ante las fluctuaciones climáticas o del mercado (Rodríguez y Vargas, 2024).

La combinación de la producción láctea y cárnica con los ingresos procedentes de la poda de árboles (madera, leña), la fruta, los servicios ecosistémicos e incluso el ecoturismo mitiga los impactos climáticos y económicos. La diversificación distribuye los ingresos a lo largo del año y reduce la dependencia de costosos suplementos durante los períodos críticos (Rodríguez y Vargas, 2024).

- Alineación con las políticas públicas y los marcos regulatorios vigentes: A nivel nacional, Colombia promueve políticas orientadas a la sostenibilidad rural, la restauración ecológica y el uso eficiente del suelo. Programas como "Ganadería Colombiana Sostenible" y las estrategias de compensación por servicios ambientales ofrecen plataformas institucionales que pueden aprovecharse para financiar y expandir la implementación de SSP en regiones como el Meta.

Programas como Ganadería Sostenible en Colombia y Pagos por Servicios Ambientales (PSA) ofrecen un marco para la implementación a gran escala de sistemas de producción sostenibles (SPS) cuando se integran con servicios de extensión y cofinanciamiento basado en resultados. Procesos simplificados, criterios claros y una fácil verificación de las prácticas fomentan la adopción y reducen los costos de transacción.

- Existencia de experiencias piloto y buenas prácticas: Ya se han desarrollado experiencias exitosas de implementación de SSP en algunos municipios del Meta, que pueden servir como modelo de réplica o espacios de aprendizaje para otros productores. Estas experiencias son esenciales para superar la resistencia al cambio y promover la adopción local de estas tecnologías.

Las granjas piloto y las redes de aprendizaje locales dan vida a la tecnología y multiplican las habilidades. Los protocolos concisos de implementación y monitoreo,

compartidos entre pares, transforman casos aislados en comunidades de práctica que aceleran la adopción.

- Oportunidades: Para aprovechar estas oportunidades, es necesario concentrar los recursos en núcleos territoriales con mayor dinamismo, donde la combinación de formación in situ, asistencia progresiva y financiación basada en resultados pueda lograr mejoras visibles en la calidad y la productividad del suelo en un corto período de tiempo.

Como se observa en el estudio de la región de la Orinoquía, este desarrollo presenta nuevas oportunidades. En particular, Pinto-López y Camargo (2023) destacaron la tendencia de un creciente interés en proporcionar trazabilidad sostenible de los productos animales, especialmente entre las empresas locales de supermercados y los esquemas de compras estatales. Los sistemas agroforestales ofrecen a los productores oportunidades para llegar a mercados que priorizan una menor huella ecológica y un mayor bienestar animal. El nuevo sistema de comercialización sostenible resulta en un aumento del valor de mercado del producto y puede realmente incentivar a las familias rurales a adoptar sistemas agroforestales. Se postula que la sostenibilidad puede ser más que una especie de aspiración ecológica; más bien representa perspectivas reales para mejorar la competitividad rural.

Esto demuestra que la implementación de sistemas silvopastoriles en la región del Meta enfrenta importantes desafíos, que van desde la falta de información y asistencia técnica hasta barreras económicas y culturales. Sin embargo, el análisis también destaca condiciones favorables y oportunidades estratégicas que podrían facilitar su adopción gradual, especialmente si se fortalecen las capacidades locales, se promueve la educación ambiental y se coordinan las políticas públicas con las iniciativas comunitarias.

Una hoja de ruta eficaz para Meta se basa en tres pilares: fortalecimiento de capacidades, asistencia y financiación. Fortalecimiento de capacidades: herramientas de apoyo a la toma de decisiones adaptadas a cada entorno y escuelas de campo equipadas con indicadores sencillos para observar y medir el cambio. Asistencia: apoyo gradual con hitos verificables (diseño, implementación y gestión). Financiación: préstamos a tipo variable, pagos por servicios ecosistémicos (PSE) y seguros, con desembolsos vinculados a prácticas probadas. Este marco, implementado mediante proyectos piloto y ampliado a través de alianzas, promueve la adopción sostenible.

El desafío no solo reside en introducir tecnologías agrícolas, sino también en transformar un modelo de desarrollo rural extractivo y degradante en uno sostenible, resiliente y justo. En este sentido, los SSP representan mucho más que una alternativa técnica: representan un compromiso con la sostenibilidad de los territorios rurales de la región del Meta.

Conclusiones

La revisión bibliográfica reveló que la persistente degradación del suelo en el departamento del Meta está estrechamente relacionada con el predominio de un modelo ganadero extensivo, extractivo e insostenible. Este modelo ha provocado la pérdida de la cobertura vegetal, la compactación del suelo, la erosión y la disminución de la biodiversidad, afectando no solo la productividad agrícola, sino también los servicios ecosistémicos que sustentan la vida rural.

Se descubrió que la baja adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) en el Meta no solo se debe al desconocimiento de su existencia, sino también a una combinación de factores interdependientes: escasa capacitación técnica, escasa asistencia institucional, dificultades económicas para realizar inversiones iniciales y una profunda resistencia cultural al cambio. Sin embargo, también se identificó evidencia contundente de que los SSP ofrecen múltiples beneficios: restauran el suelo, mejoran la productividad de leche y carne, diversifican los ingresos con productos forestales y fortalecen la resiliencia de las explotaciones agrícolas al cambio climático. Además, se observó que los PSS contribuyen directamente al logro de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los ODS 2 (Hambre Cero), 12 (Consumo y Producción Responsables), 13 (Acción por el Clima) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

Con base en el análisis, se proponen acciones concretas que pueden acelerar la transición hacia la ganadería sostenible en el Meta: diseñar e implementar programas de capacitación técnica continua centrados en prácticas agroecológicas y adaptados al contexto rural; fortalecer la asistencia técnica institucional y comunitaria, apoyando a los productores desde el diseño hasta el mantenimiento de los PSS; crear mecanismos de financiamiento accesibles, incluyendo préstamos verdes, subsidios para la puesta en marcha de empresas y pagos por servicios

ecosistémicos; promover la certificación de productos ganaderos sostenibles, que abren nuevos mercados y reconocen el valor ambiental agregado; aprovechar las condiciones ecológicas favorables del Meta para diseñar modelos replicables con especies nativas y sistemas adaptados; y replicar experiencias piloto exitosas, generando procesos de aprendizaje entre pares que fortalezcan la confianza de los productores.

La transformación hacia la ganadería sostenible requiere una acción coordinada e interinstitucional. Entre los actores clave se encuentran los productores rurales, quienes deben ser capacitados y apoyados como protagonistas del cambio; los gobiernos locales y departamentales, responsables de liderar los planes de desarrollo rural sostenible; los Ministerios de Agricultura y Ambiente, responsables de diseñar políticas públicas, incentivos económicos y regulaciones que favorezcan a los SSP; universidades, ONG y centros de investigación, que pueden contribuir con estudios de caso, transferencia de tecnología y capacitación; las agencias de cooperación internacional e instituciones financieras, que deben brindar apoyo con recursos técnicos y financieros; y los consumidores y mercados sostenibles, cuya demanda puede incentivar la producción responsable.

Así mismo, el análisis histórico muestra que la degradación de las tierras de pastoreo en Colombia tiene raíces estructurales vinculadas a la Revolución Verde y al proceso de desarrollo de pastizales, que transformó el paisaje rural según un modelo extractivo y resiliente. La transición a sistemas silvopastoriles representa no solo una solución técnica, sino también un cambio de paradigma que reconoce la necesidad de restaurar los suelos, preservar la biodiversidad y asegurar la sostenibilidad productiva a largo plazo (Etter, 2020; Chará et al., 2023; IDEAM, 2023).

En definitiva, los sistemas silvopastoriles no deben entenderse únicamente como una mejora técnica, sino como una estrategia integral de desarrollo territorial capaz de revertir la degradación ambiental, mejorar la calidad de vida de los productores y construir un entorno rural más resiliente, equitativo y sostenible en el departamento del Meta.

Recomendaciones

A la luz de los resultados obtenidos, se recomienda fortalecer la capacitación técnica y los procesos de extensión en sistemas silvopastoriles, especialmente en comunidades rurales con acceso limitado a información especializada. Las instituciones públicas y privadas del sector agrícola deberían desarrollar programas de educación continua adaptados al contexto local, integrando el conocimiento científico y tradicional. Estas acciones contribuirían a reducir la incomprensión generalizada sobre los beneficios de los sistemas de producción agrícola y promoverían una mayor apropiación por parte de los productores.

Además, es necesario implementar estrategias de apoyo técnico continuo que no se limiten a intervenciones específicas, sino que incluyan el monitoreo, la evaluación y ajustes participativos en el diseño e implementación de los sistemas. Para ello, se sugiere fortalecer las capacidades institucionales de entidades como las UMATA (Unidades Nacionales de Investigación Agropecuaria), las Secretarías de Agricultura y los programas de extensión rural, promoviendo un enfoque territorial, participativo y orientado a resultados. La coordinación entre universidades, centros de investigación agrícola y organizaciones campesinas será esencial para mantener la asistencia técnica actualizada y adaptada a las necesidades reales de la región.

Desde una perspectiva técnica, se recomienda identificar e incorporar especies arbóreas y forrajeras adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del Meta, como alnus, acacias, leucaenas y especies nativas multipropósito. Combinadas con gramíneas forrajeras tolerantes a la sequía, estas especies pueden mejorar la cobertura vegetal, contribuir a la fijación de nitrógeno y promover la regeneración de suelos degradados. Es fundamental respaldar esta selección con estudios de suelos, análisis de aptitud territorial y validaciones participativas que integren los conocimientos técnicos con las prácticas tradicionales de los productores locales. El

establecimiento de viveros comunitarios también puede facilitar la disponibilidad de material vegetal adaptado a las condiciones locales.

En el ámbito educativo, se sugiere la creación de centros de formación rural campesina que sirvan como espacios de formación práctica, intercambio de conocimientos y capacitación para promotores agroecológicos locales. Estos espacios deben incluir materiales educativos adaptados al contexto cultural de las comunidades del Meta, facilitadores bilingües en zonas habitadas por pueblos indígenas y metodologías participativas que promuevan la apropiación social del conocimiento agroecológico. Asimismo, se recomienda la incorporación de contenidos sobre los beneficios económicos, ambientales y sociales de los sistemas agroecológicos básicos en los programas de educación secundaria y superior, en particular en las instituciones agrarias del departamento.

En materia de políticas públicas, es fundamental que los sistemas silvopastoriles se integren explícitamente en la planificación de la producción rural y en los planes de desarrollo departamentales y municipales del Meta. La inclusión de objetivos e indicadores específicos para la expansión de los sistemas agroecológicos básicos ayudaría a canalizar recursos, visibilizar el tema en la agenda política local y asegurar el apoyo institucional necesario. También se recomienda la creación de incentivos fiscales o ambientales para recompensar a los productores que adoptan buenas prácticas agroecológicas y contribuyen a la restauración de los paisajes rurales. También se sugiere establecer mesas de diálogo rural que reúnan a actores estatales, organizaciones campesinas y expertos técnicos para desarrollar políticas coordinadas adaptadas a la dinámica territorial de la región del Meta.

Desde una perspectiva tecnológica, se recomienda encarecidamente promover el uso de herramientas digitales como los sistemas de información geográfica (SIG) y el monitoreo

satelital para identificar áreas prioritarias de intervención, evaluar los cambios en la cobertura vegetal y monitorear la restauración del suelo. Además, se deben desarrollar o adaptar aplicaciones móviles accesibles que permitan a los ganaderos y técnicos registrar datos de gestión, consultar recomendaciones técnicas, recibir alertas climáticas y acceder a redes de cooperación de productores. Es necesario fortalecer la alfabetización digital rural para garantizar que estas tecnologías sean inclusivas y se utilicen eficazmente.

Desde una perspectiva económica, se recomienda ampliar las líneas de financiación y los subsidios específicos para la adopción de prácticas agroecológicas y sistemas de producción agrícola, con especial atención a los pequeños y medianos productores. La coordinación con la banca de desarrollo, las instituciones financieras rurales y los programas de compensación por servicios ecosistémicos puede facilitar el acceso a recursos y reducir las barreras económicas que actualmente impiden la transición a modelos de producción sostenibles. También se propone la creación de fondos rotatorios comunitarios para financiar conjuntamente la implementación inicial de sistemas de producción agrícola sostenibles.

Finalmente, se recomienda apoyar y promover proyectos piloto exitosos en sistemas silvopastoriles en el departamento, que puedan servir como modelos replicables en otros territorios. La creación de redes de productores, la documentación de buenas prácticas y la promoción de oportunidades de intercambio de conocimientos pueden generar procesos de aprendizaje transversales que contribuyan a acelerar la adopción de sistemas de producción agrícola sostenibles de forma contextualizada y sostenible. Estas iniciativas deben ir acompañadas de mecanismos de evaluación participativa que fortalezcan la apropiación y la adaptación continua de los sistemas, con base en las condiciones locales y las lecciones aprendidas de su implementación.

Referencias Bibliográficas

- Aguilera Dávila, A. A. (2020). *Sistemas silvopastoriles como alternativa de desarrollo económico y sostenibilidad ambiental en el municipio de Buenavista – Sucre, Colombia* (Trabajo de grado). Universidad Tecnológica de Bolívar.
<https://repositorio.utb.edu.co/server/api/core/bitstreams/d06ff3ca-3fbd-41e3-b48a-67ed48445037/content>
- Altieri, M. A. (2017). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable* (4.^a ed., p. 47). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. <https://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Banco Mundial. (2021). *Pagos por Servicios Ambientales para la restauración de paisajes ganaderos*.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/668811468175473165/pdf/331110PESFinalSpanish.pdf>
- Bohórquez Perilla, Jhorman D. (2024). *Plan de negocio de ganadería sostenible doble propósito basado en un sistema silvopastoril en el municipio de Vista Hermosa, Meta* [Trabajo de grado, Universidad de los Llanos]. Repositorio digital Universidad de los Llanos.
<https://repositorio.unillanos.edu.co/entities/publication/b75cf5e5-32d8-4f48-9243-d4b4462bda09>
- Cajas-Giron, Y., & Sinclair, F. (2020). *Agroforestry Systems for Sustainable Cattle Production in Colombia*. Springer.
<https://www.proquest.com/openview/c96f75cc76ccbec7b7377b3221a59752/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., & Molina, C. H. (2021). Sistemas silvopastoriles y restauración ecológica en paisajes ganaderos de América Latina. *Agroforestry Systems*, 95(1), 111-127. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00525-4>
- CIRAD. (2024). *Evaluación productiva de sistemas silvopastoriles en el Atlántico colombiano*. <https://agritrop.cirad.fr/611193/1/Sistemas%20silvopastoriles%20sur%20Atlantico%20Colombia.pdf>
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2173 de 2021*. Diario Oficial. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2173-de-2021/>
- Fajardo, D. (2014). *Territorio, conflicto y colonización agraria en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- FAO. (2020). *El estado mundial de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/CA9231ES/CA9231ES.pdf>
- Flomin Rivera, J. S. (2023). *Capacidad de la ganadería regenerativa para revertir los problemas ocasionados por la ganadería extensiva en un ecosistema de bosque seco tropical en el municipio de Ibagué – Tolima (Trabajo de grado de maestría)*. Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/132f2fa5-d998-4f12-b55d-bd0989ee5070/content>
- Fundación SAHED. (2023). *Apoyo en la formulación del proyecto de conservación de áreas ambientales estratégicas en sistemas productivos ganaderos en el departamento de Córdoba [Informe final de práctica empresarial]*. Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/a64eb550-b8b2-49a4-87a2-21f0d1b2b484/content>

Fundación SAHED. (2023). *Modelos de conservación productiva en sistemas ganaderos del Caribe colombiano*.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/a64eb550-b8b2-49a4-87a2-21f0d1b2b484/content>

González Pinos, D. S. (2024). Identificación de las técnicas agroecológicas que se utilizan para la recuperación de la calidad de los suelos de Ecuador y Colombia (Trabajo previo para la obtención del grado de Biólogo, mención en Ecología y Gestión). Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14217/1/19738.pdf>

Harvey, C. A., & Villanueva, C. (2022). *Transition pathways toward sustainable cattle ranching systems in Latin America*. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(7), 1012–1034. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-43063-3_11

Hernández Martínez, E. (2021). Propuesta de sistema silvopastoril para el bosque seco tropical de Liborina (Trabajo de grado). Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/2315/Informe%20Emanuel%20Martinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hurtado, O., Arias Hoyos, A., & Anaconda Piamba, J. O. (2024). *La actividad ganadera colombiana en la perspectiva de lograr los objetivos de desarrollo sostenible*. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-774>

Insuasty Paz, E. B., & Garreta Cadena, A. B. (2024). *Evaluación del sistema silvopastoril *Alnus acuminata* + *Cenchrus clandestinus* y praderas de *Cenchrus clandestinus* sobre la disponibilidad y calidad del forraje, producción y calidad de leche en el municipio de Pupiales, Colombia* [Trabajo de grado]. Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD).

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/65249/abgarretac.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Insuasty Paz, E. B., & Garreta Cadena, A. B. (2024). *Evaluación del sistema silvopastoril *Alnus acuminata*+ *Cenchrus clandestinus* y praderas de *Cenchrus clandestinus* sobre la disponibilidad, calidad del forraje, producción y calidad de leche en el municipio de Pupiales*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65249?locale-attribute=es>

León Sicard, T. (2011). *Transformaciones agrarias y modernización del campo colombiano*. Universidad Nacional de Colombia. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-14502014000100006&script=sci_arttext

Machado, A. (2009). *El problema agrario colombiano: historia, causas y transformaciones*. Universidad Nacional de Colombia. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=cWBXEKCRlnYC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Transformaciones+agrarias+y+modernizaci%C3%B3n+del+campo+colombiano.+Universidad+Nacional+de+Colombia.&ots=LCOLbJfucL&sig=5c0X4ZyoMsMIUsUewUths_JURVU&redir_esc=y#v=onepage&q=Transformaciones%20agrarias%20y%20modernizaci%C3%B3n%20del%20campo%20colombiano.%20Universidad%20Nacional%20de%20Colombia.&f=false

Medina, A., Morales Rivera, A., Ramírez Bribiesca, E., & Paredes-Díaz, D. (2025). *Caracterización de un sistema silvopastoril como estrategia de manejo sustentable*. Archivos Latinoamericanos De Producción Animal , 33 (3 en progr), 123-135. <https://doi.org/10.53588/alpa.330301>

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

- Mosquera-Losada, M. R., Santiago-Freijanes, J. J., & Ferreiro-Domínguez, N. (2019). *Agroforestry for sustainability and climate change mitigation: A European perspective*. *Sustainability*, 11(21), 5913. <https://doi.org/10.3390/su11215913>
- Murgueitio, E., & Calle, Z. (2019). *Sistemas silvopastoriles y ganadería sostenible en América Latina*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).
- Murgueitio, E., Chará, J., Cuartas, C. A., & Naranjo, J. F. (2017). *Ganadería sostenible en América Latina: Principios, avances y desafíos*. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 5(1), 63-77. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(5\)63-77](https://doi.org/10.17138/TGFT(5)63-77)
- Nair, P. K. R. (2019). *Agroforestry as a sustainable land-use option for tropical and temperate regions*. *Journal of Environmental Management*, 234, 195-204. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.068>
- Naranjo, D., Rojas, L., & Pedraza, A. (2019). *Efectos de los Sistemas Silvopastoriles en la Recuperación de Suelos Degradados en Colombia*. *Journal of Agroecology*, 15(2), 85-98. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5cfa75ad19efa.pdf>
- Ocampo, L. E., Martínez, J. I., & Fierro, J. L. (2023). *Chemical indicators of soil health in silvopastoral systems, restoration forest, and maize cultivation in a tropical dry forest*. *Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales*, 11(2), 159–170. <https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/1129>
- Pimentel, D. (2018). *Soil erosion: A food and environmental threat*. *Environment, Development and Sustainability*, 20(3), 1149-1170. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9900-6>
- Pinto-López, R., & Camargo, J. (2023). *Market incentives and sustainable cattle production: Opportunities for silvopastoral systems in the Colombian Orinoquía*. *Journal of*

Environmental Management, 330, 117226. [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)06290-4](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)06290-4)

Proyecto SSP Sur del Atlántico. (2024). *Implementación de sistemas silvopastoriles para resiliencia climática*. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/1%ADnea-pecuaria/ganader%C3%ADa-y-especies-menores/recomendaciones-protocolos-y-metodolog%C3%ADas/582-recomendaciones-de-manejo-sistemas-silvopastoriles-en-el-sur-del-atl%C3%A1ntico>

Ramos, R. (2022). *Investigación del grado de conocimiento de los productores agropecuarios sobre el Sistema Silvopastoril (SSP) en el norte del departamento de Juárez Celman, provincia de Córdoba, Argentina, año 2021*.
<https://repositorio.21.edu.ar/handle/ues21/26614>

Revuelta, O. R., & Gómez, R. P. (2023). *Evaluación financiera de un sistema silvopastoril en el Cesar* (Trabajo de grado). Universidad Externado de Colombia.
<https://bdigital.uexternado.edu.co/challenge>

Reza Mondragón, D. Z. (2022). *El Control de la Deforestación de los Bosques en el departamento del Meta, Control y Gestión Sostenible*.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/52339>

Rodríguez Contreras, C. W., & Vargas Solano, A. A. (2019). *Evaluación de la viabilidad técnica y financiera en la reconversión productiva a sistemas silvopastoriles en Guaviare* (Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas).
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/a9842531-dd2e-4056-b1de-c34200e13a10/content>

- Saldarriaga Córdoba, V. G. (2021). *Análisis de la implementación de sistemas silvopastoriles en cinco distritos de las provincias Tambopata y Tahuamanu en la región Madre de Dios* (Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero Zootecnista). Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5094>
- Sánchez Parales, W. A. (2020). *Sistemas silvopastoriles SSP como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana* (Trabajo de grado de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f78d476-956a-4873-a83f-0bfc19edb3c7/content>
- Silva Ortiz, Z. C. (2021). *Revisión de la contribución de la agroforestería para el desarrollo de las comunidades y la preservación de la flora nativa en la Amazonia y la Orinoquia colombiana* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44903/ZCSILVA.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Tapia Coronado, J. J. (2020). *Producción y descomposición de hojarasca foliar de diferentes sistemas silvopastoriles y su efecto sobre calidad del suelo en el Valle Medio del Sinú, Córdoba - Colombia* (Trabajo de grado no publicado). Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Montería, Colombia. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/ccade40c-718b-44ef-a0bc-fb0737ecad0b/content>
- Trujillo, J. C., Ramírez, J. A., & Pérez, L. F. (2022). *Evaluación de la implementación de sistemas silvopastoriles en el Meta, Colombia*. *Revista Colombiana de Agroforestería*, 15(2), 79-92. <https://doi.org/10.22267/rcaf.20221502>

Universidad de Manizales. (2020). *Sistemas silvopastoriles: revisión conceptual y práctica en Colombia*. <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/sistemas-silvopastoriles-aspectos-teoricos-y-practicos.pdf>

Vásquez-Urriago, Á. R., Zambrano-Moreno, G., Henríquez Crespo, R. J., Ramírez Gómez, M. M., González González, M., Roper Barboza, L., & Dabat-Partiot, M.-H. (2024). *Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico, una estrategia para afrontar el cambio climático y contribuir a la seguridad alimentaria*. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (10). <https://doi.org/10.53010/nys10.05>

Vique Salgado, J. G. (2024). *Manejo silvopastoril para la captura de metano en sistemas ganaderos* (Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador).

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VIQUE%20SALGADO%20JACKSON%20GABRIEL.pdf>