

**Evaluación de sistemas silvopastoriles, su contribución a la productividad ganadera y
conservación ambiental en el Meta**

Maicon Andrés Huertas Daza

Asesor

Jair Vargas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias Agrícolas y Pecuarias del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2026

Dedicatoria

A mis padres, cuyo esfuerzo, amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental en mi formación personal y académica. A ellos les debo la oportunidad de llegar hasta este logro. A mi familia, por su constante aliento y por creer en mí en cada etapa de este camino. A los productores ganaderos del departamento del Meta, cuya labor diaria y conexión con la tierra inspiraron este trabajo y recordaron el propósito último de la investigación: contribuir a prácticas más sostenibles y resilientes. A todos aquellos que, desde la fe, la paciencia y la esperanza, me acompañaron en los momentos de duda y celebración. Este logro es también el suyo.

Agradecimientos

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y por promover una educación inclusiva y de calidad. A la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, por su compromiso con el desarrollo rural sostenible y la conservación ambiental.

Mi profundo agradecimiento al ingeniero Jair Vargas, mi asesor, por su guía experta, sus valiosos aportes, su paciencia y su disponibilidad durante todo el proceso de investigación. Su conocimiento y dedicación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. A los profesores del programa de Ingeniería Agroforestal, cuyo conocimiento y pasión por las ciencias agrarias y ambientales despertaron en mí el interés por los sistemas integrados y la sostenibilidad. A los autores e instituciones cuyas investigaciones y publicaciones constituyeron la base documental de este estudio. Su trabajo previo es un pilar indispensable para el avance del conocimiento sobre sistemas silvopastoriles en Colombia. A mis compañeros de estudio, por el intercambio de ideas, el apoyo mutuo y la camaradería durante estos años de formación.

Finalmente, agradezco a Dios por la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia concedidas para enfrentar cada desafío. Sin Su gracia, este logro no habría sido posible.

Resumen

La ganadería extensiva ha sido una de las principales actividades productivas en el Departamento del Meta; sin embargo, su desarrollo histórico ha causado impactos significativos en el suelo, la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental de la región. En este contexto, los sistemas silvopastoriles han surgido como una alternativa productiva destinada a la intensificación sostenible y la mitigación de los impactos negativos asociados con las prácticas ganaderas tradicionales. En este sentido, el propósito de este estudio fue evaluar, a través de una revisión documental, la contribución de los sistemas silvopastoriles a la productividad ganadera y la conservación ambiental, así como analizar y comparar las diferencias con la ganadería convencional en Meta.

La metodología empleada fue una revisión sistemática de la literatura científica y documentos técnicos institucionales, publicados dentro del plazo definido, priorizando fuentes verificables relevantes para el contexto de la Orinoquía colombiana. El análisis permitió identificar tendencias coherentes con la eficiencia productiva, la condición del suelo, la biodiversidad, la resiliencia climática y la sostenibilidad socioeconómica de ambos modelos productivos. Los sistemas silvopastoriles no sólo permiten diversificar la producción, también superan a la ganadería tradicional en la productividad por hectárea, favorecen la recuperación de suelos, aumentan la biodiversidad y disminuyen la vulnerabilidad ante la variabilidad del clima. El estudio también encontró limitaciones, como las barreras técnicas, económicas y culturales, que son de adopción de estos sistemas. Los sistemas silvopastoriles son una opción factible para la transformación de la ganadería en el Meta, siempre y cuando su implementación cuente con apoyo técnico, investigación aplicada y políticas públicas que promuevan la sostenibilidad.

Palabras clave: Conservación ambiental, ganadería sostenible, Meta, productividad.

Abstract

Extensive livestock farming has been one of the main productive activities in the Department of Meta; however, its historical development has caused significant impacts on the soil, biodiversity, and environmental sustainability of the region. In this context, silvopastoral systems have emerged as a productive alternative aimed at sustainable intensification and mitigation of the negative impacts associated with traditional livestock practices. Therefore, the purpose of this study was to evaluate, through a literature review, the contribution of silvopastoral systems to livestock productivity and environmental conservation, as well as to analyze and compare the differences with conventional livestock farming in Meta.

The methodology employed was a systematic review of scientific literature and institutional technical documents published within the defined timeframe, prioritizing verifiable sources relevant to the context of the Colombian Orinoquía region. The analysis identified trends consistent with productive efficiency, soil condition, biodiversity, climate resilience, and the socioeconomic sustainability of both production models.

Silvopastoral systems not only allow for diversified production, but also surpass traditional livestock farming in productivity per hectare, promote soil recovery, increase biodiversity, and reduce vulnerability to climate variability. The study also identified limitations, such as technical, economic, and cultural barriers, to the adoption of these systems. Silvopastoral systems are a viable option for transforming livestock farming in Meta, provided their implementation is supported by technical expertise, applied research, and public policies that promote sustainability.

Keywords: environmental conservation, sustainable livestock farming, Meta, livestock productivity.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Planteamiento del Problema	15
Justificación	18
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
Marco Referencial.....	22
Marco Teórico	22
Ganadería Extensiva en el Departamento del Meta: Contexto Productivo y Problemas Ambientales	22
Sistemas Silvopastorales (SSP): Definición, Componentes y Lógica de Operación.....	23
Contribuciones de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) a la Productividad Ganadera y la Conservación Ambiental: Mecanismos Esperados	23
Sistemas Silvopastorales y Productividad Ganadera: Mecanismos y Variables para el Análisis	24
Sistemas Ganaderos Simplificados y Conservación Ambiental: Servicios Ecosistémicos y Contribución al Clima.....	26
Comparación de Sistemas de Pastoreo Sostenible (SPS) y Ganadería Tradicional: Criterios y Enfoque de Revisión Literaria	27
Obstáculos e Impulsores de la Adopción: Dimensión Socioeconómica y Gobernanza del Cambio.....	28
Marco Conceptual.....	30

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Mitigación del Cambio Climático.....	30
Transición Energética y Energías Renovables.....	32
Impacto Socioterritorial de las Energías Renovables y la Cobertura Energética Rural	34
Planes de Acción Climática (PAC) y Sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)	36
Planificación Energética Sectorial y Portafolio de Proyectos de Energías Renovables	38
Gobernanza, Actores y Poder en la Transición Energética (Élites, Sector Extractivo y Capacidad de Bloqueo).....	39
Aceptabilidad Social, Legitimidad y Justicia Procesal de los Proyectos de Energías Renovables.....	41
Marco Metodológico.....	43
Enfoque Metodológico	43
Tipo de Investigación	43
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	43
Técnicas Utilizadas.....	44
Herramientas.....	44
Fuentes de Información	44
Procedimiento de Análisis de la Información.....	45
Fase 1 Recopilación y Compilación de Fuentes Documentales	45
Fase 2 Categorización y Organización de la Información.....	45
Fase 3 Análisis de Contenido Cualitativo.....	45
Fase 4 Síntesis de Resultados y Preparación del Documento.....	45
Población y Muestra	46

Criterios de Validación.....	46
Triangulación Teórica.....	46
Saturación Teórica	46
Rigor Hermenéutico.....	47
Transparencia del Proceso	47
Validación Académica.....	47
Resultados.....	48
Contribuciones de los Sistemas Silvopastoriles a la Productividad Ganadera en el Meta:	
Evidencia de Estudios Previos.....	48
Aportes Productivos por Mejora de la Base Biofísica del Sistema (Suelo, Agua y Oferta Forrajera).....	53
Aportes Productivos por Bienestar Animal, Reducción del Estrés Térmico y Sostenimiento del Desempeño.....	54
Competitividad, Eficiencia y Viabilidad Productiva del Sistema (Productividad “por Unidad de Recurso”).....	55
Condiciones de Establecimiento y Manejo que Explican por qué los SSP sí (o no) Mejoran la Productividad	56
Evidencia Aplicada para el Meta: el Caso de Vista Hermosa y la Brecha de Estudios Productivos Locales	57
Efectos de los Sistemas Silvopastoriles en la Conservación Ambiental	58
Comparación de las Diferencias Observadas entre los Sistemas Silvopastoriles y las Prácticas Ganaderas Tradicionales en el Meta	74
Conclusiones.....	81

Recomendaciones	84
Referencias Bibliográficas	86

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Revisión Documental N° 1</i>	49
Tabla 2 <i>Matriz de Revisión Documental N° 2</i>	58
Tabla 3 <i>Efectos Ambientales de los SSP</i>	62
Tabla 4 <i>Matriz de Revisión Documental N° 3</i>	74
Tabla 5 <i>Comparación entre Sistemas Silvopastoriles y Ganadería Tradicional en el Meta</i> .	79

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Potencial de Secuestro de Carbono Orgánico del Suelo (C→SOC; 0–20 cm) Bajo Manejo Silvopastoril Según Nivel de Sombreado y Densidad Arbórea</i>	68
--	----

Introducción

La ganadería es una de las actividades productivas más importantes del departamento del Meta, y ha sido históricamente de gran importancia para la economía regional y el asentamiento del territorio. Sin embargo, el modelo predominante de ganadería extensiva se ha asociado con múltiples problemas ambientales, incluyendo la degradación progresiva de suelos, pérdida de biodiversidad, fragmentación de ecosistemas naturales y disminución de la capacidad productiva de los sistemas ganaderos a medio y largo plazo (Steinfeld et al., 2010; FAO, 2017). Estas dinámicas son especialmente críticas en la Orinoquía colombiana, una región altamente caracterizada por su fragilidad ecológica y creciente presión sobre los recursos naturales.

Numerosos estudios han documentado que las prácticas tradicionales de ganadería, que implican un uso extensivo de la tierra y homogenización de pasturas, llevan a la compactación de suelos, pérdida de materia orgánica y reducción de la infiltración de agua, lo que afecta la productividad ganadera y la provisión de servicios ecosistémicos (Sánchez & Rosales, 2015; Reis et al., 2020). Además, la simplificación del paisaje productivo ha sido identificada como un factor determinante asociado a la pérdida de biodiversidad dentro de los sistemas ganaderos del piedemonte llanero y otras regiones del Meta.

La integración de árboles, arbustos forrajeros y pasturas en un mismo sistema de manejo, como el de los silvopastoriles, promueve la integración de la sostenibilidad con la intensificación de la ganadería, en el marco de un manejo productivo y sostenible.

Recientemente, el uso de esta metodología ha mejorado la eficiencia en el uso del suelo, aumentado la ganadería por hectárea y ha disminuido la vulnerabilidad de la ganadería a la variabilidad climática (Murgueitio et al., 2011; Chará et al., 2019). Además, la disminución

de la competencia por los recursos forrajeros y mayores períodos de sequía genera un aumento en la competencia por el forraje, lo que, con la integración del componente arbóreo, disminuye el estrés térmico ganadero y otorga un mejor resguardo forrajero.

Desde la ganadería extensiva, los sistemas silvopastoriles, en comparación entre esta y otras investigaciones, han disminuido el impacto ambiental en la recuperación de suelos degradados, el aumento del carbono orgánico, mejora de la estructura y funcionalidad del suelo. También, estos sistemas han mejorado la heterogeneidad estructural del paisaje, por lo que han mejorado la conectividad ecológica al actuar como hábitats y corredores para la flora y fauna en los paisajes productivos dominados por la ganadería (Naranjo et al., 2012; Harvey et al., 2014).

Los sistemas silvopastoriles en el departamento del Meta tienen múltiples beneficios, pero su adopción ha sido heterogénea y limitada. Algunos motivos que explican esta situación son: la ausencia de apoyo técnico, la inversión inicial que debe hacerse, el cierre del acceso a financiamiento, la falta de financiamiento y la oposición a nuevas prácticas productivas en el territorio (Chará et al., 2019; Reis et al., 2020). Estas limitaciones muestran la necesidad de robustecer el análisis, la disseminación y la apropiación del conocimiento relacionado con alternativas productivas sostenibles.

El presente documento busca evaluar, mediante una revisión documental, la aportación de los sistemas silvopastoriles en la productividad del ganado y la conservación del ambiente, además de contraponer las diferencias de estos sistemas con las prácticas ganaderas tradicionales en el departamento del Meta. Se llevó a cabo una revisión sistemática de los documentos y literatura científica de la periodización establecida en la metodología, priorizando textos de carácter real, verificable y del contexto de la Orinoquía colombiana.

Este estudio busca dar insumos analíticos sobre los sistemas silvopastoriles, comprendiendo su potencial para el avance en la ganadería del Meta, para que esta sea más sostenible, resiliente y compatible con la conservación del ambiente.

Planteamiento del Problema

En el departamento del Meta, la ganadería ha desempeñado un papel fundamental en la configuración del paisaje económico, social y territorial de la región. Durante décadas, este sector ha sido una de las principales actividades productivas, generando empleo rural, abasteciendo los mercados locales y contribuyendo al desarrollo económico del departamento. Sin embargo, el modelo dominante de ganadería, basado en la expansión de pastos de monocultivo y el uso extensivo de la tierra, ha generado una serie de impactos que ahora representan importantes desafíos para el desarrollo sostenible. Estos incluyen la compactación del suelo y la pérdida de fertilidad, la aceleración de la erosión en áreas alteradas, la disminución de la cubierta vegetal nativa, la fragmentación del hábitat y, en consecuencia, la reducción de la biodiversidad. A estos efectos se suman la baja eficiencia productiva, la dependencia de insumos externos y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que hace que la ganadería convencional sea vulnerable al cambio climático y limita su sostenibilidad a largo plazo.

Esta observación es particularmente relevante en una región como el Meta, caracterizada por la inmensa riqueza de sus ecosistemas, la presencia de suelos frágiles y la importancia estratégica de sus bosques y sabanas para la regulación del agua y el clima de la región del Orinoco. La creciente presión sobre los recursos naturales exige alternativas productivas que concilien las necesidades económicas de las comunidades rurales con la preservación del medio ambiente. En este contexto, los sistemas silvopastoriles han surgido como un enfoque innovador que integra árboles, arbustos forrajeros, pastos y ganado en un único sistema de manejo de la tierra, con el objetivo de generar relaciones ecológicas positivas entre los componentes vegetales y animales.

Estos sistemas ofrecen numerosas ventajas, ampliamente documentadas en diversas regiones de Colombia y América Latina. Entre sus principales beneficios se incluyen la restauración de la estructura y fertilidad del suelo, la mejora de la retención de agua, la reducción del estrés térmico en el ganado mediante la regulación del microclima, el aumento de la disponibilidad de forraje de alta calidad, la protección de cuerpos de agua y la restauración de corredores ecológicos que promueven la biodiversidad local. Además, los sistemas silvopastoriles contribuyen significativamente a la captura de carbono, posicionándose como una estrategia clave para mitigar los efectos del cambio climático y reducir el impacto ambiental de la ganadería. Desde una perspectiva productiva, se ha demostrado que estos sistemas mejoran la condición corporal del ganado, aumentan la productividad por hectárea y reducen los costos asociados al manejo de pastos degradados.

A pesar de este potencial, la adopción de sistemas silvopastoriles en el departamento del Meta sigue viéndose obstaculizada por diversos factores: la falta de información técnica adaptada al contexto local, la percepción de altos costos de implementación, la resistencia cultural al cambio y la ausencia de políticas públicas eficaces basadas en incentivos.

Asimismo, la falta de evaluaciones sistemáticas dificulta una mejor comprensión del impacto real de estos sistemas en la dinámica productiva y ambiental de la región del Meta, lo que impide la toma de decisiones informadas por parte de productores e instituciones públicas.

En este contexto, la pregunta central de investigación es: ¿cómo contribuyen los sistemas silvopastoriles a la productividad ganadera y la preservación del medio ambiente en el departamento del Meta? Esta pregunta busca orientar un análisis exhaustivo, generando datos técnicos y científicos sobre las ventajas, limitaciones y oportunidades de los sistemas silvopastoriles, con el fin de proporcionar herramientas que faciliten la transición hacia modelos

de ganadería más sostenibles. El objetivo es contribuir significativamente al fortalecimiento de la toma de decisiones entre productores, instituciones ambientales, autoridades locales y comunidades rurales, mediante la promoción de estrategias que garanticen la resiliencia productiva y la sostenibilidad ecológica del territorio.

Justificación

La ganadería es una de las principales actividades económicas y socioproductivas del departamento del Meta, constituyendo un elemento esencial para el sustento de miles de familias rurales, la generación de empleo y la revitalización de la economía regional. Sin embargo, su desarrollo histórico se ha basado en modelos convencionales de monocultivo, pastoreo y uso extensivos de la tierra, prácticas que han generado múltiples impactos ambientales y productivos. Entre ellos se incluyen la degradación física y biológica de los suelos, la pérdida progresiva de biodiversidad vinculada a la fragmentación del paisaje y la disminución de la productividad animal, lo cual coincide con los hallazgos de Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica (2022). Estos problemas comprometen tanto la sostenibilidad ecológica del Meta como la capacidad de los sistemas ganaderos para mantener su rentabilidad y competitividad a largo plazo.

En este contexto, los sistemas silvopastoriles (SSP) emergen como una alternativa integral orientada a conciliar la producción animal y la preservación de los recursos naturales. Estos sistemas se basan en la integración planificada de árboles, arbustos forrajeros y pastos dentro de una misma área de producción, con el objetivo de generar interacciones ecológicas que mejoren la calidad del suelo, aumenten la producción de forraje y contribuyan a la restauración de ecosistemas degradados (Zapata Cadavid y Silva Tapasco, s.f.).

La literatura científica ha demostrado convincentemente sus beneficios, entre los que se incluyen la reducción de la degradación física y biológica del suelo (Giraldo y Chará, 2022), el aumento del almacenamiento de carbono en los sistemas agrícolas (Contreras-Santos et al., 2022) y la diversificación de los paisajes sonoros, un indicador clave de la mayor complejidad ecológica y el retorno de especies nativas (Morales Rozo et al., 2021).

Además, diversos estudios han demostrado que los sistemas silvopastoriles (SSP) contribuyen significativamente a la intensificación sostenible de la producción ganadera al mejorar la productividad por hectárea, reducir la dependencia de insumos externos y fortalecer la resiliencia de los sistemas ante el cambio climático. Estos beneficios están directamente vinculados a la provisión de servicios ecosistémicos como la regulación del microclima, la protección de los recursos hídricos y el aumento de la biodiversidad funcional (Sandoval et al., 2022; Flórez et al., 2024).

En el departamento de Meta, se han realizado estudios relevantes en municipios como Vista Hermosa y San Martín, donde se evaluaron modelos de producción silvopastoril y se llevaron a cabo análisis físicos de suelos en el marco de este método de producción (Bohórquez Perilla, 2024; Gil Ramírez y Rivera Toba, 2023). Estos estudios representan un avance importante, pero aún son insuficientes para comprender plenamente el impacto real de los sistemas silvopastoriles en la región.

A pesar del creciente interés en su implementación, la adopción de sistemas silvopastoriles en la región del Meta aún se encuentra en sus inicios. Esto se debe principalmente a barreras socioculturales, la falta de acceso a información técnica contextualizada, la percepción de altos costos de implementación y la escasez de investigación local que analice y compare sistemáticamente su desempeño en términos de productividad y sostenibilidad ambiental (Rivera et al., 2021). Esta falta de conocimiento limita la toma de decisiones informadas por parte de productores, instituciones y comunidades locales, y reduce las posibilidades de implementar políticas públicas efectivas para promover la transición hacia sistemas ganaderos sostenibles.

Por lo tanto, este estudio se justifica desde dos perspectivas complementarias. En primer lugar, desde un punto de vista práctico, busca generar datos científicos útiles para orientar a

productores, organizaciones ganaderas y organismos gubernamentales hacia la adopción de estrategias de manejo sostenible. Al proporcionar información específica del contexto de la región del Meta, este trabajo busca fortalecer la toma de decisiones, optimizar el uso de la tierra y promover la transición hacia modelos de producción más resilientes frente a los desafíos ambientales actuales. En segundo lugar, desde una perspectiva académica, esta investigación contribuye a la consolidación del conocimiento interdisciplinario sobre sistemas silvopastoriles, enriqueciendo la literatura nacional y proporcionando una base sólida para futuras investigaciones que integren aspectos productivos, ecológicos y socioeconómicos (Sandoval et al., 2022; Rivera et al., 2021).

Es así como, este trabajo no solo busca contribuir a la comprensión de los retos ambientales y productivos que enfrenta actualmente la región del Meta, sino también fortalecer la reflexión académica y el debate científico en torno a la ganadería sostenible en Colombia. De esta manera, pretende posicionar los sistemas silvopastoriles como una estrategia viable y necesaria para conciliar la productividad ganadera y la conservación de los ecosistemas en la región.

Objetivos

Objetivo General

Revisar y analizar la literatura existente sobre los sistemas silvopastoriles en el departamento del Meta, con el objetivo de identificar su contribución a la productividad ganadera y la conservación del ambiente desde una perspectiva documental y cualitativa.

Objetivos Específicos

Examinar, con base en estudios previos, las principales contribuciones de los sistemas silvopastoriles a la productividad ganadera en el Meta.

Identificar, en la literatura científica y técnica, los efectos de los sistemas silvopastoriles en la conservación ambiental.

Comparar, mediante una revisión bibliográfica, las diferencias observadas entre los sistemas silvopastoriles y las prácticas ganaderas tradicionales en el Meta.

Marco Referencial

Marco Teórico

Ganadería Extensiva en el Departamento del Meta: Contexto Productivo y Problemas Ambientales

En el Departamento del Meta, la ganadería extensiva siempre ha sido una actividad económica central y, a la vez, una de las prácticas que genera mayor tensión entre productividad y sostenibilidad, en particular por su vínculo con la expansión de las tierras agrícolas, la simplificación del paisaje y la presión ejercida sobre los suelos y la vegetación natural. A nivel nacional, se reconoce que parte del problema estructural del sector reside en su naturaleza insostenible, asociada a importantes impactos ambientales y climáticos: por un lado, las emisiones derivadas de la fermentación entérica, el manejo y la fertilización de estiércol, y por otro, los efectos sobre el suelo cuando la actividad se realiza según patrones de intervención extensivos e ineficientes (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2022).

En las regiones fronterizas y las zonas en transición hacia ecosistemas estratégicos, las prácticas de ganadería extensiva están vinculadas a la degradación y la deforestación, lo que convierte a las alternativas de reconversión productiva en un elemento clave del debate actual sobre la sostenibilidad rural (Alvarado Sandino et al., 2023).

Desde esta perspectiva, Meta representa un caso de estudio particularmente relevante para evaluar opciones de gestión que permitan una productividad animal sostenible sin agravar los costos ambientales, en línea con la necesidad de transformar el sector hacia modelos que “produzcan conservando y conserven produciendo” (MADR, 2022).

Sistemas Silvopastorales (SSP): Definición, Componentes y Lógica de Operación

Los sistemas silvopastorales se definen como sistemas productivos de manejo del suelo que integran deliberadamente árboles y/o arbustos, pastos y ganado, con el objetivo de incorporar funciones ecológicas a la ganadería que se pierden o reducen en los sistemas convencionales. Específicamente, un SSP integra especies leñosas perennes (árboles/arbustos) y componentes herbáceos (gramíneas y, a menudo, leguminosas) en diferentes estratos y configuraciones, con el fin de mejorar la disponibilidad y calidad del forraje, promover la fertilidad del suelo y aumentar la eficiencia del sistema ganadero (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

Más allá de su estructura biofísica, los sistemas silvopastoriles (SSP) se justifican como una estrategia de transición hacia la ganadería sostenible, ya que no se limitan a la simple plantación de árboles, sino que implican una transformación integral de la gestión agrícola: la regulación del número de ganado, la distribución espacial del pastoreo, el establecimiento y mantenimiento de setos vivos y reservas forrajeras, y una gestión técnicamente más avanzada de los recursos edáficos e hídricos (MADR, 2022). En la literatura reciente, los SSP también se presentan como una vía hacia la producción baja en carbono, siempre que su implementación e intensificación se adapten a contextos biofísicos y socioeconómicos específicos, evitando enfoques estandarizados que no se adaptan a las realidades locales (Alvarado Sandino et al., 2023).

Contribuciones de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) a la Productividad Ganadera y la Conservación Ambiental: Mecanismos Esperados

La base teórica que vincula los SSP con la productividad y la conservación se basa en la idea de que la diversificación estructural del sistema (árboles – pastos – ganado) puede conducir

a mejoras simultáneas en el rendimiento productivo y las funciones ecosistémicas. En términos de productividad, la presencia de árboles y arbustos debería contribuir a un forraje más estable y, en algunos casos, de mayor calidad, así como a mejores condiciones microclimáticas (sombra y reducción del estrés térmico), lo que puede favorecer el rendimiento animal y reducir las vulnerabilidades estacionales (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

En términos de conservación ambiental, los sistemas silvopastoriles (SSP) se asocian con un aumento de los servicios ecosistémicos, como la protección del suelo, la regulación hídrica, la conectividad y el hábitat para la biodiversidad, así como con el potencial de captura y almacenamiento de carbono en la biomasa y el suelo. Integrados en prácticas de gestión coherentes, contribuyen a los objetivos de mitigación y adaptación (Alvarado Sandino et al., 2023; Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

Dentro del marco institucional colombiano, la transición hacia una ganadería sostenible enfatiza explícitamente la necesidad de reconversión productiva, el fortalecimiento de los servicios de extensión agrícola y la adopción de prácticas que reduzcan los impactos y mejoren la eficiencia, siendo los sistemas silvopastoriles compatibles con los principios de sostenibilidad ambiental, social y económica promovidos para el sector (MADR, 2022).

En resumen, el marco teórico argumenta que el valor de los SSP no es solo ambiental ni únicamente productivo, sino que reside en su capacidad para articular ambos mediante el rediseño del sistema agrícola según criterios de intensificación sostenible y gestión ecológica del paisaje (Alvarado Sandino et al., 2023; MADR, 2022).

Sistemas Silvopastorales y Productividad Ganadera: Mecanismos y Variables para el Análisis

Desde una perspectiva teórica, la relación entre los sistemas silvopastorales (SSP) y la productividad ganadera se explica por cambios simultáneos en la disponibilidad de forraje, el

microclima y el manejo del sistema. En primer lugar, la integración de árboles y arbustos en las pasturas puede mejorar el bienestar animal al mitigar las variaciones extremas de temperatura, lo que se asocia con una mayor estabilidad en el consumo de alimento y el rendimiento productivo, especialmente cuando el estrés térmico limita la ganancia de peso o la producción de leche (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

En segundo lugar, los SSP pueden mejorar la nutrición del ganado al diversificar los recursos, aumentar la disponibilidad de biomasa en ciertas épocas del año y proporcionar forraje de mayor calidad mediante la inclusión de especies arbustivas o arbóreas, lo que resulta en posibles ganancias de eficiencia por animal y por hectárea (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022). En tercer lugar, la productividad depende no solo de la presencia de árboles, sino también del manejo: ajustes en la carga ganadera, rotación de cultivos, mantenimiento de setos vivos o reservas forrajeras y prácticas que promuevan la fertilidad del suelo; todos aspectos que se alinean con el concepto de conversión productiva hacia una ganadería sostenible, promovido por las directrices sectoriales (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Por lo tanto, el marco teórico establece variables analíticas que permiten las comparaciones: desempeño productivo (p. ej., indicadores de producción animal), productividad por hectárea y estabilidad estacional, así como variables de apoyo (calidad y disponibilidad de forraje, y condiciones microclimáticas) (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Finalmente, la productividad también está vinculada a la decisión de adopción: cuando los productores perciben ganancias de productividad y reducciones de riesgos, la probabilidad de implementar prácticas agroforestales en los sistemas ganaderos tiende a aumentar. En consecuencia, la productividad no es sólo un resultado técnico sino también un elemento central de la lógica de adopción (Alvarado Sandino et al., 2023).

Sistemas Ganaderos Simplificados y Conservación Ambiental: Servicios Ecosistémicos y Contribución al Clima

La contribución ambiental del abeto se basa teóricamente en la restauración de las funciones ecosistémicas alteradas por los sistemas ganaderos simplificados. La integración de componentes leñosos promueve la protección y mejora del suelo, la regulación hídrica a nivel de finca y la conectividad ecológica, a la vez que aumenta la complejidad estructural del paisaje, lo cual beneficia la biodiversidad y la estabilidad del sistema (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

Por lo tanto, el abeto se considera una práctica que no solo reduce la presión sobre el medio ambiente, sino que también contribuye activamente a la restauración de las capacidades ecosistémicas, en consonancia con un enfoque ganadero sostenible que busca conciliar la productividad y la conservación (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Además, la integración de un enfoque climático vincula la conservación ambiental con la mitigación del cambio climático: los sistemas silvopastoriles (SSP) pueden contribuir mediante el secuestro de carbono en la biomasa y el suelo, así como reduciendo indirectamente las presiones relacionadas con la expansión de las áreas cultivadas. Sin embargo, el valor teórico de esta contribución depende de su medición y seguimiento riguroso mediante indicadores claros (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

Así es que, resulta relevante aplicar la lógica de la evaluación climática basada en indicadores y planes: así como el sector energético enfatiza la necesidad de cuantificar las emisiones y vincular los indicadores a los instrumentos de acción climática para orientar las decisiones y evaluar el progreso (Gómez-Pérez y Muñoz-García, 2024), la evaluación ambiental

de los SSP requiere el establecimiento de indicadores verificables (suelo, agua, biodiversidad y carbono) que permitan realizar comparaciones y extraer conclusiones.

Además, el marco internacional reciente concibe la acción climática como un conjunto de soluciones que requieren transformaciones estructurales y medición de impacto, donde la reducción de emisiones y el seguimiento regular son elementos centrales del discurso de la política climática (Agencia Internacional de Energías Renovables, 2021; Gómez-Pérez y Muñoz-García, 2024).

Es por esto que, este marco teórico define la “conservación” no sólo como un ideal, sino también como un conjunto de procesos observables (y comparables) en la literatura, vinculados a prácticas de gestión sostenible y a la necesidad de evidencia medible que respalde las contribuciones ambientales.

Comparación de Sistemas de Pastoreo Sostenible (SPS) y Ganadería Tradicional: Criterios y Enfoque de Revisión Literaria

Uno de los objetivos de este estudio es comparar los SPS con la ganadería tradicional. Por lo tanto, el marco teórico debe establecer criterios comparables que vayan más allá de la simple observación de ventajas y permitan una interpretación sistemática de los resultados. En términos de productividad, la comparación se centra en el rendimiento por animal y por hectárea, la estabilidad de la productividad y la eficiencia del manejo del forraje y el microclima. Es importante destacar que el enfoque de SPS no implica simplemente "añadir árboles" sin modificar el sistema, sino replantear la organización y la gestión para garantizar la sostenibilidad de los resultados (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

En cuanto al medio ambiente, la comparación se basa en la capacidad del sistema para preservar el suelo, el agua, la biodiversidad y el carbono, dado que la ganadería sostenible se

define, en las directrices de política, por la coherencia entre la producción y la reducción de los impactos ambientales y climáticos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022). Para una comparación rigurosa en una revisión bibliográfica, es crucial adoptar un enfoque basado en indicadores: identificar las variables reportadas por cada estudio, sus métodos de medición y las condiciones bajo las cuales se evaluaron.

Este enfoque se alinea con las perspectivas de evaluación de políticas climáticas, que enfatizan que la medición y el monitoreo permiten la transición de diagnósticos generales a decisiones basadas en evidencia (Gómez-Pérez y Muñoz-García, 2024).

Por lo tanto, el marco teórico justifica que la comparación entre la agricultura sostenible y los métodos tradicionales se construya según criterios explícitos (productivos, ambientales y de gestión) y con trazabilidad entre la práctica y el resultado, para evitar conclusiones basadas únicamente en suposiciones. En otras palabras, la comparación es tanto un ejercicio técnico (variables) como metodológico (consistencia y comparabilidad de los datos) (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022; Gómez-Pérez y Muñoz-García, 2024).

Obstáculos e Impulsores de la Adopción: Dimensión Socioeconómica y Gobernanza del Cambio

La adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) no puede explicarse únicamente por su potencial productivo o ambiental; el marco teórico requiere considerar los factores sociales, económicos e institucionales que condicionan su implementación efectiva.

Estudios sobre la adopción de la agroforestería silvopastoril en la Colombia rural han demostrado que la decisión de adoptar estos sistemas se basa en una combinación de incentivos, capacidades y percepciones: acceso a información y asistencia técnica, disponibilidad de

recursos para la inversión inicial, riesgos percibidos y beneficios esperados, así como condiciones territoriales y del sistema productivo (Alvarado Sandino et al., 2023).

Esta lógica se alinea con los enfoques de evaluación social de proyectos de transición (incluidos los del sector energético), que enfatizan que la aceptación depende no solo del resultado, sino también del proceso: percepción de los impactos, confianza, distribución de beneficios y cargas, y equidad procesal en la toma de decisiones (Rodríguez-Segura y Frolova, 2023). En la práctica, esto significa que incluso las intervenciones deseables pueden encontrar resistencia si no se acompañan de participación, información y métodos de implementación viables. Este punto es particularmente relevante en zonas rurales, donde los cambios en el uso y la gestión del suelo afectan directamente los medios de vida (Rodríguez-Segura y Frolova, 2023).

Además, la gobernanza del cambio también es crucial: los procesos de transición se ven influenciados por actores poderosos con intereses sectoriales, capaces de bloquearlos o dirigirlos. Este enfoque, ya explorado en el contexto de las transiciones energéticas en Sudamérica, permite, por analogía, comprender por qué ciertos desarrollos productivos se aceleran o desaceleran en función del contexto institucional y los actores dominantes (Parker, 2018).

Finalmente, la noción de una “transición justa” refuerza la idea de que, para ser sostenibles, los cambios estructurales deben tener en cuenta la distribución de los impactos y la sostenibilidad social, destacando así las dimensiones de equidad y gobernanza en los procesos de transformación territorial (Stockholm Environment Institute, 2023). A nivel sectorial, los lineamientos para la ganadería sustentable estipulan que la adopción requiere instrumentos de apoyo, fortalecimiento institucional y coherencia entre los objetivos ambientales y la viabilidad

productiva, lo que teóricamente sustenta que la adopción es un proceso y no un evento (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Marco Conceptual

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y Mitigación del Cambio Climático

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se refieren a la liberación a la atmósfera de gases que incrementan el forzamiento radiativo, principalmente CO₂, CH₄ y N₂O, y, por lo tanto, contribuyen al calentamiento global. En un análisis territorial, este concepto puede cuantificarse para identificar fuentes relevantes, priorizar acciones e interpretar los resultados de las políticas climáticas.

En este trabajo, las emisiones de GEI constituyen una variable transversal que vincula el desarrollo energético con su impacto climático: no se trata simplemente del consumo de energía, sino del tipo de energía utilizada, su método de producción y su impacto en términos de emisiones. En consecuencia, la mitigación del cambio climático se define como el conjunto de medidas destinadas a reducir las emisiones absolutas o prevenir emisiones futuras mediante cambios tecnológicos, de planificación y de gestión.

Para evitar que este concepto se convierta en una mera formulación abstracta, se adopta un enfoque de evaluación de dos niveles: un nivel de inventario o diagnóstico para identificar y cuantificar las emisiones por sector o actividad, y un nivel de planificación o acción que vincula este diagnóstico con políticas e instrumentos de seguimiento, como los planes de acción climática.

En este sentido, evaluar las emisiones relacionadas con la energía estacionaria resulta particularmente útil, ya que representa una parte significativa del consumo urbano e institucional (electricidad y combustibles para usos no móviles) y facilita la traducción de

las decisiones energéticas a indicadores climáticos comparables. Desde esta perspectiva, vincular la evaluación de emisiones a un plan de acción climática aumenta su utilidad práctica, ya que el inventario se convierte en una herramienta para priorizar intervenciones y monitorear el progreso, como observaron Gómez-Pérez y Muñoz-García (2024) para Medellín.

Para organizar la interpretación y comparación de fuentes, el concepto se estructura en dimensiones: (i) fuentes de emisión, que identifican las actividades o sectores de los que se originan los GEI, según un enfoque territorial y sectorial; (ii) magnitud y tendencia, que describen el nivel de emisiones y su evolución en el tiempo; (iii) intensidad de las emisiones, definida como emisiones por unidad de actividad (p. ej., por kWh), útil para comparar diferentes opciones tecnológicas o de gestión; y (iv) adicionalidad o evitación, que se refiere a las emisiones evitadas por una intervención específica, como la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables.

En una revisión bibliográfica, este concepto se hace medible mediante la identificación de indicadores recurrentes en los textos analizados, entre los que destacan: las emisiones totales expresadas en tCO₂e/año asociadas a la energía o a sectores específicos, la participación relativa por sector (por ejemplo, el peso de la energía estacionaria en el inventario total) y las reducciones estimadas o escenarios de mitigación expresados en tCO₂e evitadas durante el análisis de planes, programas o despliegues de energías renovables.

Estos indicadores permiten comparar resultados entre regiones y evaluar la coherencia entre el diagnóstico y las acciones propuestas. En términos de relevancia para el estudio, este concepto respalda la lógica climática del trabajo: la transición energética no solo se interpreta como modernización tecnológica, sino también como una estrategia de mitigación.

En esta perspectiva, IRENA (2021) posiciona a las energías renovables como una solución climática clave, en la medida en que sustituyen a las energías basadas en combustibles fósiles y reducen las emisiones a gran escala, mientras que trabajos como el de Gómez-Pérez y Muñoz-García (2024) muestran que la utilidad del concepto aumenta cuando la cuantificación de las emisiones se integra en los instrumentos de planificación y seguimiento.

Transición Energética y Energías Renovables

La transición energética se define como un proceso sociotécnico mediante el cual una región transforma su sistema energético (tecnologías, infraestructura, regulaciones, actores clave y prácticas de consumo) hacia formas más sostenibles, seguras y bajas en carbono. En concreto, implica una transición gradual de los combustibles fósiles a las energías renovables (solar, eólica, biomasa, minicentral hidroeléctrica, entre otras), acompañada de cambios institucionales y de gobernanza.

Las energías renovables se consideran fuentes que se regeneran de forma natural y, por lo general, generan menos emisiones que la producción de energía a partir de combustibles fósiles. Sin embargo, dentro del marco conceptual de la transición, no se consideran sinónimos: las energías renovables representan el componente tecnológico, mientras que la transición energética se refiere al proceso global que integra la tecnología, las políticas públicas, la economía y la sociedad.

Para profundizar en el concepto y evitar una definición simplista, se adopta una estructura de cuatro dimensiones: la dimensión tecnológica, asociada a la infraestructura de cambio (implementación de proyectos de energía renovable, integración en el sistema y cuestiones relacionadas con la conexión, las redes, el almacenamiento y la fiabilidad); La dimensión política e institucional, vinculada a las reglas del juego (planificación sectorial, regulaciones, incentivos,

objetivos y capacidades para la implementación y sostenibilidad de los proyectos); la dimensión socioeconómica, centrada en los costos de inversión, los mecanismos de financiamiento, la rentabilidad de la inversión, el empleo y las cadenas productivas, así como los impactos territoriales; y la dimensión de poder y conflicto, que reconoce que las transiciones no son neutrales y que los intereses de las élites, los sectores extractivos y los actores con poder para obstruir el cambio pueden influir en su ritmo y dirección.

En este sentido, el trabajo de Parker (2018) es relevante para comprender la transición como un proceso moldeado por las percepciones e intereses de los actores dominantes, particularmente en contextos donde los sectores extractivos influyen en la agenda energética, lo que subraya la necesidad de analizar no solo los aspectos técnicos, sino también los políticos.

En Colombia, este concepto puede operacionalizarse mediante el análisis de instrumentos e informes que reflejen la orientación sectorial y el estado de implementación: el Informe de Progreso de Proyectos de Producción de Energía Renovable del Ministerio de Minas y Energía (2023) demuestra el componente de implementación, ya que permite monitorear los proyectos existentes y el progreso de su expansión; El Plan Indicativo para la Extensión de la Cobertura Energética Rural 2022-2032 (2022) de la UPME ofrece un marco programático y territorial que vincula la transición energética con la reducción de las desigualdades en el acceso, reconociendo que el reto no es solo descarbonizar, sino también asegurar la cobertura con soluciones adaptadas al contexto rural.

En la literatura, el concepto suele asociarse con variables que describen el progreso y los obstáculos de la transición: la participación de las energías renovables en la matriz energética, el número y el estado de los proyectos (anunciados, en construcción u operativos), la existencia de objetivos y directrices estratégicas nacionales o regionales, y la identificación de barreras

técnicas (interconexión, limitaciones de la red, etc.), así como obstáculos regulatorios (permisos, incentivos, plazos de aprobación, etc.). Estas variables permiten comparar el discurso institucional con la capacidad real de implementación.

Argumentativamente, el concepto articula el qué (energías renovables), el cómo (la transición) y el porqué (mitigación y desarrollo): IRENA (2021) considera las energías renovables una solución climática esencial debido a su potencial para reducir emisiones y su capacidad para inducir transformaciones en múltiples sectores. Sin embargo, los datos y el enfoque sociotécnico sugieren que este potencial depende de las condiciones políticas, institucionales y sociales; en otras palabras, de una transición entendida como un proceso territorial y no simplemente como la instalación de tecnologías.

Impacto Socioterritorial de las Energías Renovables y la Cobertura Energética Rural

El impacto socioterritorial de las energías renovables se define como el conjunto de efectos, positivos, negativos y ambiguos, que la implementación de proyectos energéticos produce en las comunidades, las economías locales, los paisajes, las prácticas productivas, la percepción social y la cohesión territorial.

Este concepto es esencial, ya que incluso las tecnologías consideradas "limpias" pueden generar tensiones si se implementan sin legitimidad social, sin participación o con una distribución desigual de beneficios. La cobertura energética rural, por su parte, se entiende como el acceso efectivo de los hogares y las actividades productivas rurales a servicios energéticos modernos, considerando no solo la existencia de una conexión, sino también la suficiencia, fiabilidad y asequibilidad del servicio para apoyar el bienestar y el desarrollo productivo. Para estructurar el análisis y evitar un enfoque puramente técnico, resulta relevante el marco

desarrollado por Rodríguez-Segura y Frolova (2023) sobre cómo la sociedad evalúa el impacto de las energías renovables en las zonas rurales del interior.

Desde esta perspectiva, la evaluación social puede estructurarse en torno a la percepción y aceptación del proyecto (beneficios y costos percibidos, y confianza), la distribución territorial de los impactos (quién soporta la carga de las limitaciones relacionadas con el paisaje, el uso del suelo o las restricciones, y quién se beneficia de ventajas como el empleo o la mejora de los servicios) y la equidad procesal (participación en la toma de decisiones, transparencia y mecanismos de apelación y negociación). Este enfoque evita reducir el análisis a una simple equivalencia entre el aumento de la capacidad instalada y la mejora de los resultados sociales.

La cobertura energética rural, considerada como una política pública, implica reconocer que la reducción de las desigualdades requiere estrategias diferenciadas para cada territorio. Desde esta perspectiva, el Plan Indicativo para la Extensión de la Cobertura Energética Rural 2022-2032 (UPME, 2022) permite entender la cobertura como un problema simultáneo de infraestructura y logística (distancias, dispersión poblacional, dificultades de la red), viabilidad operativa (mantenimiento, reposición y capacidades locales) y modelo de gestión (operadores, financiación y garantías de continuidad del servicio).

Los informes de progreso del Ministerio de Minas y Energía (2023) describen las oportunidades y limitaciones reales de integrar las energías renovables en la expansión de la cobertura. Concretamente, este concepto se traduce en una matriz de variables comparables entre diferentes fuentes: acceso, medido por el porcentaje de cobertura, el número de beneficiarios y la continuidad del servicio; accesibilidad financiera, reflejada por los costos para el usuario y los mecanismos de subsidio o financiamiento; y aceptación social, expresada por los niveles reportados de acuerdo o rechazo, el discurso social y la existencia de conflictos; y los beneficios

locales, medibles por el empleo, la inversión local, la mejora del servicio y el aumento de la productividad.

Integrar el impacto socioterritorial y la cobertura rural ayuda a anclar la transición energética en el territorio: una transición que reduce las emisiones pero aumenta los conflictos o la desigualdad puede volverse frágil y difícil de sostener en el tiempo; por lo tanto, este concepto ayuda a evaluar la transición como un proceso de desarrollo y justicia territorial, así como una estrategia de mitigación.

Planes de Acción Climática (PAC) y Sistemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

Un plan de acción climática (PAC) es un instrumento público de planificación que traduce los compromisos y objetivos climáticos de un territorio en un conjunto estructurado de metas, orientaciones estratégicas, medidas e indicadores de seguimiento, acompañados de un cronograma preciso y responsabilidades institucionales explícitas. Operativamente, el PAC no es simplemente un documento declarativo: en el marco conceptual de este trabajo, se considera un sistema de gestión que integra el diagnóstico (inventario), la priorización (selección de medidas), la implementación (programas y proyectos) y la evaluación (seguimiento de resultados).

Por lo tanto, su funcionamiento requiere un elemento técnico central: los sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV), entendidos como el conjunto de procedimientos, metodologías y mecanismos institucionales que permiten una medición consistente, transparente y comparable del progreso, garantizando así que las políticas implementadas estén respaldadas por evidencia verificable. Desde una perspectiva analítica, el Plan de Acción Climática (PAC) se operacionaliza a través de su capacidad para integrar los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) y transformarlos en criterios de toma de decisiones: qué sectores concentran

las emisiones, qué medidas tienen el mayor potencial de reducción, hasta qué punto es viable su implementación y cómo se monitorean sus impactos a lo largo del tiempo.

En este sentido, la evaluación de las emisiones de fuentes de energía estacionarias proporciona una base de planificación funcional porque permite vincular el consumo de energía con los resultados climáticos y orienta las intervenciones, en particular cuando la cuantificación de las emisiones tiene como objetivo informar el ciclo de políticas. El trabajo de Gómez-Pérez y Muñoz-García (2024) ilustra la utilidad de una evaluación alineada con un Plan de Acción Climática, donde el inventario se convierte en una herramienta para la priorización y el monitoreo en lugar de una instantánea aislada.

Conceptualmente, la coherencia del PAC se basa en la coherencia entre el diagnóstico, los objetivos y los instrumentos, así como en la trazabilidad entre las medidas y los resultados. Una revisión bibliográfica revela la existencia de datos de referencia, indicadores, modalidades de implementación, cronogramas, asignación de responsabilidades, mecanismos de financiación e informes periódicos de progreso.

En términos de medición y comparación, el marco MRV (Valor de Reducción Medido) utiliza indicadores frecuentes en la literatura y documentos institucionales, como series de emisiones totales (tCO₂e/año), emisiones por sector, intensidades por unidad de actividad, escenarios de reducción y reducciones atribuibles a medidas específicas.

Además, la integración de las energías renovables en un plan de acción climática (PAC) puede vincularse con estimaciones de emisiones evitadas y objetivos de participación de fuentes bajas en carbono, en consonancia con la visión de que las energías renovables son una solución climática clave dentro de las carteras de mitigación (IRENA, 2021). Por lo tanto, los PAC y el MRV se convierten en conceptos estructurantes, ya que permiten explicar no solo el "qué" de la

transición, sino también cómo se rige, se monitorea y cómo se demuestra su contribución al clima.

Planificación Energética Sectorial y Portafolio de Proyectos de Energías Renovables

La planificación energética sectorial se define como el proceso mediante el cual el Estado y los actores del sector organizan, priorizan y coordinan las decisiones relacionadas con la expansión del suministro, la infraestructura, la regulación y las herramientas de implementación para garantizar un sistema energético sostenible y confiable, alineado con los objetivos de desarrollo. En la práctica, este concepto se traduce en el desarrollo de planes, hojas de ruta e informes que establecen objetivos, identifican las necesidades de expansión y monitorean su implementación, acortando así la brecha entre los objetivos de las políticas y la implementación de los proyectos.

En este marco, la planificación sectorial se considera un prerrequisito para la transición energética, ya que traduce el objetivo general, aumentar la proporción de energías renovables y reducir las emisiones, en mecanismos concretos: permisos, conexión a la red, incentivos, cronogramas y gestión de riesgos. Un elemento central es el portafolio de proyectos de producción de energías renovables, entendido como el conjunto de iniciativas (en diferentes etapas) que reflejan la capacidad real de implementación y la trayectoria de expansión; su análisis permite distinguir entre anuncios, avances y resultados, e identificar obstáculos técnicos, regulatorios o financieros.

En Colombia, este concepto se implementa directamente a través de datos institucionales como el Informe de Avance de Proyectos de Producción de Energía Renovable (Ministerio de Minas y Energía, 2023), que permite monitorear el avance de los proyectos y, en consecuencia, comparar el discurso sobre la transición con los indicadores de implementación. Además, la

planificación adquiere una dimensión territorial al vincularse con la expansión de la cobertura rural.

El Plan Indicativo para la Extensión de la Cobertura Energética Rural 2022-2032 (UPME, 2022) ayuda a conceptualizar este vínculo al reconocer que la expansión energética debe considerar la dispersión poblacional, la factibilidad técnica, la viabilidad operativa y los modelos de gestión diferenciados, evitando así considerar la expansión como un proceso homogéneo. Una revisión bibliográfica revela que la planificación sectorial se caracteriza por la presencia de metas de capacidad instalada, criterios de priorización territorial, estrategias para la integración de energías renovables al sistema, directrices para la conexión a la red y la infraestructura, e indicadores de progreso (proyectos en operación, en construcción o en fase preliminar), así como evaluaciones de obstáculos como limitaciones de la red, retrasos en la tramitación de permisos y condiciones de inversión.

En materia climática, la planificación sectorial también se vincula con la mitigación, ya que permite la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, en consonancia con el papel de estas tecnologías en las estrategias climáticas (IRENA, 2021). Por lo tanto, este concepto nos permite analizar la transición no solo como una intención, sino también como una trayectoria institucional y material para su implementación.

Gobernanza, Actores y Poder en la Transición Energética (Élites, Sector Extractivo y Capacidad de Bloqueo)

La gobernanza de la transición energética se entiende como el conjunto de mecanismos institucionales, reglas, procesos de toma de decisiones y relaciones entre actores que determinan cómo se define, implementa y distribuye la transición en un territorio. En concreto, este concepto explica por qué la transición no se ve impulsada únicamente por la disponibilidad tecnológica o

el oportunismo económico: se logra (o se bloquea) en función de la capacidad de coordinación institucional, la legitimidad de las decisiones, los incentivos y, sobre todo, cómo actores con diversos recursos influyen en la dirección de las políticas.

En este marco, la transición se interpreta como un proceso sociotécnico marcado por conflictos y negociaciones, donde ciertos actores, por ejemplo, las élites económicas o los sectores vinculados a las actividades extractivas, pueden apoyar, reorientar o bloquear medidas en función de su evaluación de los riesgos, los beneficios y la posible pérdida de poder relativo. La contribución de Parker (2018) es esencial para establecer esta dimensión, ya que demuestra que las visiones de las élites en sectores estratégicos influyen en la transición energética en Sudamérica. Esto implica integrar el análisis de intereses, narrativas y capacidades de influencia como variables explicativas, no como elementos periféricos.

En consecuencia, la gobernanza se operacionaliza considerando la definición de prioridades (qué tecnologías se promueven y dónde), los marcos regulatorios establecidos, la negociación de impactos territoriales, los mecanismos de participación y consulta aplicados, y la gestión de conflictos. En la literatura, este concepto está presente en los debates sobre regulación e incentivos, coordinación interinstitucional, transparencia de decisiones, plazos de aprobación y las tensiones entre los objetivos climáticos y los modelos de producción existentes.

También se manifiesta en la forma en que los planes e informes institucionales reflejan las prioridades sectoriales y territoriales (Ministerio de Minas y Energía, 2023; UPME, 2022). Conceptualmente, la introducción de la gobernanza y el poder ayuda a explicar la frecuente brecha entre el potencial técnico de las energías renovables, destacada en enfoques como el de IRENA (2021), y el ritmo real de su implementación, demostrando que la transición depende tanto de la ingeniería del sistema como de la ingeniería institucional y política que la sustenta.

Aceptabilidad Social, Legitimidad y Justicia Procesal de los Proyectos de Energías Renovables

La aceptación social y la legitimidad de los proyectos de energías renovables se definen por el grado en que las comunidades y los actores locales consideran que un proyecto es deseable, equitativo y compatible con su territorio, no solo por los beneficios esperados, sino también por cómo se decide, implementa y distribuye sus impactos. En concreto, este concepto reconoce que la transición energética puede fracasar o volverse frágil si los proyectos se perciben como imposiciones, si los costos territoriales se concentran en ciertos grupos o si faltan mecanismos genuinos de participación y resolución de conflictos; por lo tanto, la legitimidad está directamente vinculada a la viabilidad política y social de la transición.

El enfoque comparativo de Rodríguez-Segura y Frolova (2023) proporciona una sólida base conceptual para estructurar esta dimensión al analizar cómo la sociedad evalúa el impacto de las energías renovables en las zonas rurales del interior. Desde esta perspectiva, la aceptación social se entiende como un constructo que incluye los beneficios y costos percibidos, el nivel de confianza en las instituciones y las empresas, y una evaluación de los impactos en el paisaje, las actividades productivas y la calidad de vida.

La justicia procedimental, por su parte, se operacionaliza como el conjunto de condiciones para el proceso: información clara y oportuna, participación significativa, transparencia, mecanismos de reclamación y negociación, y una capacidad genuina para influir en las decisiones. Este marco evita reducir el análisis a una lógica puramente técnica (donde una mayor capacidad es sinónimo de progreso) e incorpora la cuestión de quién decide, quién se beneficia, quién soporta la carga y cómo se gestionan las asimetrías de poder, en relación con los debates sobre los actores dominantes y su capacidad para influir en la transición (Parker, 2018).

En la literatura, este concepto aparece en estudios que informan sobre los niveles de aceptación o conflicto, las narrativas comunitarias, las disputas sobre el uso del suelo o el paisaje, y las evaluaciones de la distribución de los beneficios locales (empleo, inversión, mejora de los servicios) frente a las cargas percibidas. De igual manera, se expresa en estrategias institucionales relacionadas con la cobertura rural y los modelos de gestión que requieren apropiación local y viabilidad operativa, como lo evidencian los marcos de planificación de la cobertura rural (UPME, 2022) y los informes sectoriales que describen la expansión de proyectos (Ministerio de Minas y Energía, 2023).

Conceptualmente, la aceptación social y la justicia procesal se están convirtiendo en criterios esenciales para evaluar la transición energética como proceso de desarrollo, ya que permiten juzgar no solo si reduce las emisiones, un objetivo climático reforzado por enfoques como el de IRENA (2021), sino también si lo hace de manera socialmente sostenible y territorialmente legítima.

Marco Metodológico

Enfoque Metodológico

Este estudio se llevará a cabo mediante un enfoque cualitativo, guiado por una perspectiva hermenéutica, para comprender, interpretar y contextualizar críticamente el conocimiento disponible sobre los sistemas silvopastoriles (SSP). En este marco, el análisis se centrará en la interpretación del contenido documental, buscando identificar cómo los SSP contribuyen a la productividad ganadera y la conservación ambiental en el departamento de Meta. La hermenéutica permite el análisis de los significados implícitos en los textos, la comparación de posturas teóricas y la reconstrucción del significado en las experiencias relatadas, asegurando así una lectura exhaustiva y contextualizada de las fuentes.

Tipo de Investigación

La investigación será de carácter documental y se basará en el examen, la selección, el análisis y la interpretación de fuentes secundarias publicadas entre 2020 y 2025. Este tipo de estudio permite un análisis crítico del estado actual del conocimiento sobre los sistemas silvopastoriles, su implementación en Colombia y, más específicamente, su vínculo con la sostenibilidad ambiental y productiva en la región del Meta. Al tratarse de un estudio cualitativo y documental, el objetivo no es cuantificar datos, sino construir interpretaciones integradoras a partir de la evidencia disponible en la literatura científica, técnica y normativa.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

La recolección de datos se realizará mediante técnicas específicas para la revisión de literatura:

Técnicas Utilizadas

- Búsqueda sistemática de literatura en bases de datos académicas y archivos digitales.
- Lectura analítica y crítica de las fuentes seleccionadas.
- Categorización temática mediante matrices de análisis cualitativo.

Herramientas

- Matrices de análisis de literatura, diseñadas para registrar información clave (autor, año, objetivos, metodología, resultados y relevancia).
- Hojas de lectura analítica, diseñadas para registrar conceptos, teorías, enfoques y evidencia.
- Protocolos de búsqueda, que documentan palabras clave, operadores booleanos, bases de datos consultadas y criterios de inclusión/exclusión.

Fuentes de Información

Las fuentes secundarias incluirán:

- Artículos científicos indexados
- Tesis de licenciatura y maestría
- Documentos institucionales
- Informes técnicos
- Estudios de caso
- Normativa ambiental
- Planes de desarrollo rural

La búsqueda se realizará en Scopus, Google Scholar, Science Research, SciELO, RedALyC y los archivos de universidades colombianas

Procedimiento de Análisis de la Información

El proceso de análisis se estructurará en cuatro fases:

Fase 1 Recopilación y Compilación de Fuentes Documentales

- Búsqueda sistemática en bases de datos nacionales e internacionales.
- Selección de documentos relevantes según criterios de actualidad (2020- 2025),

relevancia temática y rigor científico.

- Integración inicial de las fuentes en una matriz de sistematización.

Fase 2 Categorización y Organización de la Información

- Clasificación de los documentos según las siguientes categorías temáticas: productividad ganadera, conservación ambiental, calidad del suelo, secuestro de carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos.

- Priorización de estudios realizados en Meta o en regiones con condiciones agroecológicas similares.

Fase 3 Análisis de Contenido Cualitativo

- Identificación de enfoques teóricos, conceptos y patrones recurrentes.
- Interpretación hermenéutica de los argumentos y resultados presentados.
- Comparación entre los sistemas silvopastoriles y los modelos de ganadería convencional presentes en Meta.

- Triangulación conceptual para fortalecer la validez interpretativa.

Fase 4 Síntesis de Resultados y Preparación del Documento

- Desarrollo de una síntesis crítica organizada por temas.
- Integración de los resultados para responder a la pregunta central de la investigación.

- Redacción del documento final, estructurado como una monografía y que presenta una argumentación coherente.

Población y Muestra

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo identificar todas las publicaciones científicas, técnicas y normativas relacionadas con los sistemas silvopastoriles en Colombia para el período 2020-2025.

La muestra estará compuesta por documentos seleccionados según los siguientes criterios de inclusión:

- Relevancia temática para los sistemas silvopastoriles, la ganadería sostenible o la conservación ambiental.
- Disponibilidad en bases de datos de acceso abierto o institucionales.
- Enfoque aplicado o análisis contextual en la Metarregión o regiones similares.
- Rigor metodológico verificable.

Criterios de Validación

Para garantizar la calidad y fiabilidad del estudio, se aplicarán los siguientes criterios:

Triangulación Teórica

Comparación de diferentes enfoques, autores y tipos de documentos para garantizar interpretaciones rigurosas e imparciales.

Saturación Teórica

Determinación del umbral a partir del cual el análisis deja de aportar información nueva, asegurando así una muestra suficientemente representativa.

Rigor Hermenéutico

Fidelidad al contenido original de las fuentes, análisis contextualizado y coherencia interpretativa.

Transparencia del Proceso

Documentación explícita de los criterios de búsqueda, selección, análisis y categorización, de acuerdo con los estándares de la investigación cualitativa.

Validación Académica

Revisión del documento final según el estilo APA (7.^a edición), garantizando la exactitud de las citas, el cumplimiento de las prácticas éticas y el respeto a los derechos de autor.

Resultados

Esta sección presenta los resultados de una revisión sistemática de la literatura, sintetizados mediante una matriz de revisión bibliográfica para organizar, comparar e interpretar los datos disponibles por capítulo, con alrededor de 15 fuentes por capítulo, logrando una revisión sistemática completa gracias a que incorpora más de 40 fuentes publicadas entre 2020 y 2024. Esta información recopilada y sintetizada se utilizó para identificar tendencias, enfoques recurrentes y lagunas de información sobre la contribución de los sistemas silvopastoriles a la productividad ganadera. Con base en esta síntesis, los resultados se estructuran en torno a ejes temáticos que reflejan los principales mecanismos de producción descritos en la literatura, así como las condiciones de diseño y manejo que explican las variaciones observadas en el rendimiento productivo de estos sistemas.

Contribuciones de los Sistemas Silvopastoriles a la Productividad Ganadera en el Meta:

Evidencia de Estudios Previos

Este capítulo se basa en una revisión sistemática de la literatura, respaldada por una matriz de revisión bibliográfica que incorpora 14 fuentes publicadas entre 2020 y 2024.

Este enfoque permitió la selección de documentos que reportan evidencia sobre las contribuciones de los sistemas silvopastoriles (SSP) explícitamente vinculadas a los resultados de la producción ganadera, como el rendimiento ganadero, la eficiencia del sistema, la disponibilidad y estabilidad del forraje, la viabilidad económica y el mantenimiento del rendimiento productivo bajo estrés climático. La matriz ayudó a estructurar la información, facilitando así la identificación de enfoques recurrentes, resultados comparables y brechas de información relevantes para el logro del primer objetivo específico de este trabajo.

En este contexto, la matriz de revisión bibliográfica que se presenta a continuación (ver Tabla 1.) resume los estudios seleccionados, sus características generales y las principales áreas de investigación abordadas en relación con la productividad ganadera asociada a los SSP. Esta herramienta metodológica constituye la base del análisis posterior, ya que permitió comparar las contribuciones reportadas en diferentes contextos territoriales y según diferentes enfoques de investigación, así como evaluar el tipo de evidencia disponible para el departamento del Meta.

Tabla 1

Matriz de Revisión Documental N ° 1

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
1	Giraldo N V y Chará J	2022	Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos en la reducción de la degradación física y biológica del suelo.	http://www.lrrd.org/lrrd34/3/3417vicky.html
2	Mahecha-Ledesma, L., Ángulo-Arizala, J., & Argüello-Rangel, J.	2022	Sistemas silvopastoriles: estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI.	https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogene/sis/article/view/349676/20808170

3	Bohórquez Perilla, J.	2024	Plan de negocio de ganadería sostenible doble propósito basado en un sistema silvopastoril en el municipio de Vista Hermosa, Meta	https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/4559
4	Chará-Serna A M y Chará J	2020	Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales.	http://www.lrrd.org/lrrd32/11/ana32184.html
5	Hernández-Arturo , A., García- Munguía, C. A., García- Munguía, A. M., Lemus-Flores, C., & Morales-Flores, S.	2024	Sistemas silvopastoriles y las condiciones para su establecimiento.	https://doi.org/10.60158/rma.v11i2.425
6	Morales Rozo, Andrea, Lizcano, Diego J., Montoya Arango, Sergio, Velásquez Suarez, Álvaro, Álvarez Daza, Evelyn, & Acevedo-Charry, Orlando.	2021	Diferencias en paisajes sonoros de sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales del piedemonte llanero, Meta, Colombia.	https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a05

7	Quintero Rangel, N.	2023	El rol de los sistemas silvopastoriles en la transición a la sostenibilidad del sector ganadero de Tame – Arauca.	https://www.larreferencia.info/vufind/Record/CO_5e072444aa5fd5f2e55a98c5b7de3580
8	Alcaraz García, E, Manco Duarte, J y Ochoa Betancur, L.	2023	Caracterización socio- ambiental para la implementación de sistemas silvopastoriles que permitan la disminución de impactos ambientales generados por la ganadería extensiva, en las veredas San Mateo y Martaná del municipio de Remedios, Antioquia 2022-2023	https://hdl.handle.net/10495/40715
9	Gutiérrez Bermúdez, Camilo del Carmen and Mendie ta Araica, Bryan Gustavo	2022	Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible.	https://lacalera.una.edu.ni
10	Cisneros- Saguilán, Pedro, Hernández- Salinas, Gregorio, & Hernández, Manuel Hernández.	2024	Sistemas silvopastoriles, una alternativa para atenuar el impacto del cambio climático en la ganadería	https://dx.doi.org/10.4067/s0718-34292024000200051

11	Sánchez Parales, W.	2020	Sistemas Silvopastoriles SSP como alternativa sostenible para la ganadería bovina Colombiana	https://hdl.handle.net/20.500.12494/16330
12	Zapata Cadavid, Á., & Silva Tapasco, B. E.	2020	Sistemas Silvopastorales: Aspectos Teóricos y Prácticos	http://cipav.org.co/sdm_downloads/sistemas-silvopastoriles-aspectos-teoricos-y-practicos/
13	Silva Ruiz, L., & Jaramillo Peralta, D. A.	2022	Manejo Sostenible de la ganadería en Latinoamérica: Revisión Sistemática 2018-2021.	https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.969
14	Rivera J., Colcombet L., Santos-Gally R., Murgueitio E., Díaz M., Mauricio R., Peri P., Chará J.	2021	Sistemas Silvopastoriles: Ganadería sostenible con arraigo e innovación	https://www.affordability.org.ar/silvopastoril.pdf

Nota. Matriz de revisión documental con diferentes estudios sobre sistemas silvopastoriles y su relación con la productividad ganadera y la sostenibilidad ambiental.

La matriz bibliográfica permitió un análisis profundo del tema central de este capítulo, revelando tendencias claras en cómo la literatura aborda la relación entre los sistemas silvopastoriles y la productividad ganadera. El análisis mostró que la mayoría de las publicaciones examinan los sistemas silvopastoriles desde una perspectiva holística, donde la productividad se analiza en conjunto con la sostenibilidad ambiental y social. Sin embargo, no todos los estudios presentan indicadores de productividad directos, cuantificables o fácilmente

comparables, lo que limita la posibilidad de generalizaciones estrictas sobre los niveles de producción alcanzados.

Por lo tanto, las contribuciones de los sistemas silvopastoriles a la productividad ganadera, identificadas en la matriz, tienden a manifestarse de tres maneras principales: (i) resultados concretos de producción, expresados como mejoras en el rendimiento animal o la eficiencia del sistema; (ii) condiciones biofísicas y de manejo que explican estas mejoras de productividad, como la disponibilidad de forraje, la regulación del microclima o la mejora de la calidad del agua en el suelo; y (iii) elementos relacionados con la competitividad y la viabilidad técnico-económica del sistema de producción en comparación con los modelos ganaderos convencionales.

Es importante señalar que, con respecto al objetivo específico 1, la evidencia identificada directamente para el departamento del Meta en la matriz fue limitada. Sin embargo, el estudio aplicado al municipio de Vista Hermosa (Meta) destaca por su propuesta de un sistema ganadero de doble propósito basado en la agroforestería, así como por sus proyecciones técnicas y financieras. Este trabajo constituye una referencia relevante, que demuestra la viabilidad productiva y económica de los sistemas agroforestales en el territorio y proporciona elementos concretos para interpretar su potencial productivo a nivel local (Bohórquez Perilla, 2024).

Aportes Productivos por Mejora de la Base Biofísica del Sistema (Suelo, Agua y Oferta Forrajera)

Un primer conjunto de contribuciones a la productividad surge cuando los sistemas silvopastoriles (SSP) se entienden como una estrategia que fortalece el soporte del sistema ganadero (suelo-agua-pasto) y, en consecuencia, estabiliza o mejora el suministro de forraje y la capacidad de respuesta del sistema a lo largo del tiempo. En los sistemas ganaderos, el

rendimiento productivo (leche/carne) depende en gran medida de la disponibilidad de forraje y su continuidad estacional; por lo tanto, cuando los SSP reducen los procesos de degradación del suelo (p. ej., erosión y deterioro físico y biológico), el efecto productivo esperado no se limita a la conservación del medio ambiente, sino que también resulta en mejores condiciones para el crecimiento y la regeneración de los pastos, así como para el funcionamiento hidrológico de la finca; todos aspectos que apoyan continuamente la productividad ganadera (Giraldo y Chará, 2022).

En la misma línea, las síntesis teóricas y prácticas sobre sistemas silvopastoriles (SSP) enfatizan que su desempeño productivo se explica por las interacciones funcionales entre pastos, árboles/arbustos y animales: sombra, aporte de biomasa, reciclaje de nutrientes y ajustes de manejo que, en última instancia, influyen en la eficiencia del sistema (Zapata Cadavid & Silva Tapasco, 2020).

Además, los documentos relacionados con las condiciones de implementación enfatizan que las mejoras en la productividad no son automáticas: dependen del arreglo (especie, densidad, distribución), el objetivo del productor y los ajustes al manejo del pastoreo, ya que los SSP no constituyen un conjunto uniforme, sino un conjunto de posibles configuraciones cuyo desempeño productivo varía según la compatibilidad de especies, sitio y manejo (Hernández-Arturo et al., 2024).

Aportes Productivos por Bienestar Animal, Reducción del Estrés Térmico y Sostenimiento del Desempeño

Un segundo conjunto de contribuciones se refiere a la capacidad de los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar el microclima de las pasturas y, en consecuencia, reducir el estrés térmico en los animales. En un contexto de aumento de las temperaturas y variabilidad

climática, el estrés térmico afecta las funciones metabólicas y digestivas, altera el consumo de alimento y, en última instancia, compromete el rendimiento productivo (leche y carne). El estudio sobre SSP y cambio climático sugiere que la integración de árboles en el sistema (sombra y regulación microclimática) ayuda a reducir este estrés y, por lo tanto, a mantener la productividad del rebaño en condiciones climáticas adversas, no como un beneficio colateral, sino como un mecanismo central de producción (Cisneros- Saguilán et al., 2024).

Desde esta perspectiva, la productividad ganadera se entiende no solo como un aumento de la producción, sino también como una menor vulnerabilidad del rendimiento: manteniendo las tasas de producción y la condición corporal con menor deterioro durante períodos de alto calor o estrés ambiental. Esto es particularmente relevante para los sistemas de doble propósito, donde la estabilidad de la producción diaria de leche y el rendimiento de crecimiento/venta de los animales son sensibles a las variaciones microclimáticas.

Competitividad, Eficiencia y Viabilidad Productiva del Sistema (Productividad “por Unidad de Recurso”)

Un tercer conjunto de contribuciones aparece en la literatura, estableciendo un vínculo entre los sistemas silvopastoriles (SSP) y la competitividad, así como la eficiencia en el uso de los recursos (tierra, agua, biomasa). Desde esta perspectiva, la productividad no se reduce a un solo indicador, sino a la capacidad del sistema para producir de forma más eficiente y ser económicamente viable. Estudios sobre SSP muestran que, mediante la intensificación sostenible de las prácticas (mejor uso del espacio productivo y diversificación de componentes), los SSP pueden mejorar el rendimiento del sistema y los resultados para los productores, en comparación con los modelos extensivos basados en el monocultivo de pastos (Gutiérrez Bermúdez y Mendieta Araica, 2022).

Esta discusión se complementa con estudios regionales sobre gestión ganadera sostenible, que revelan una tendencia a orientar las prácticas hacia la sostenibilidad sin sacrificar la viabilidad productiva, y que advierten sobre el riesgo de comprometer el rendimiento productivo a largo plazo cuando la intensificación resulta de la sobreexplotación de los recursos naturales (Silva Ruiz y Jaramillo Peralta, 2022). Desde la perspectiva de la eficiencia “por producto”, el material técnico del CIPAV presenta la evaluación de la huella/balance de carbono por kg de peso vivo (PV) como indicador de la eficiencia del sistema, mostrando mejoras asociadas al manejo del árbol y escenarios de transición, sugiriendo que la productividad (entendida como producción de PV) se puede alcanzar con una menor carga climática por unidad de producto cuando el sistema integra el componente arbóreo y organiza su manejo (Rivera et al., 2021).

Condiciones de Establecimiento y Manejo que Explican por qué los SSP sí (o no) Mejoran la Productividad

Los datos analizados coinciden en que la contribución productiva de un sistema silvopastoril (SSP) depende de su diseño y manejo: selección de especies, densidad y distribución de árboles y arbustos, planificación espacial, rotación y carga animal, y adecuación al objetivo de producción (uso dual, ganadería, engorde, producción lechera). Los documentos relativos a las condiciones de implementación enfatizan que la clave del éxito no reside en replicar un modelo estándar, sino en adaptar el diseño y las especies al sitio y al objetivo del productor, ya que la diversidad de diseños genera diferentes niveles de rendimiento y, en consecuencia, diferentes resultados productivos (Hernández-Arturo et al., 2024).

Análisis más generales destacan que, si bien los SSP tienen el potencial de generar múltiples beneficios (incluidos los servicios ecosistémicos que apoyan la producción), se necesitan metodologías más estandarizadas y análisis de compensaciones (p. ej., ganancias de

resiliencia versus requisitos de manejo) para interpretar mejor las condiciones óptimas para maximizar los resultados productivos (Chará-Serna y Chará, 2020).

En resumen: el aporte productivo no se considera un efecto automático del componente arbóreo, sino el resultado de un sistema de manejo más complejo, que puede ser superior al convencional, pero requiere planificación y capacidades técnicas.

Evidencia Aplicada para el Meta: el Caso de Vista Hermosa y la Brecha de Estudios

Productivos Locales

Directamente relacionado con Meta, el documento aplicado identificado en el estudio formula un plan de negocios para implementar la ganadería de doble propósito, basada en un sistema silvopastoril en Vista Hermosa (Meta). Este plan describe el esquema de producción y proyecta resultados operativos y financieros. Este trabajo concluye que el enfoque mejora la productividad, el bienestar animal y la rentabilidad, y presenta indicadores financieros que confirman su viabilidad (p. ej., una TIR del 22% durante el período evaluado), lo que constituye evidencia concreta de la factibilidad productiva del sistema silvopastoril en el territorio (Bohórquez Perilla, 2024).

Sin embargo, comparar este resultado con todo el trabajo analizado revela una brecha: la mayoría de los aportes productivos provienen de estudios generales, estudios realizados en otras regiones de Colombia o análisis teórico-prácticos, y no de ensayos comparativos realizados específicamente en Meta con indicadores de productividad estandarizados. Esta brecha no pone en tela de juicio los aportes identificados; Más bien, delimita el alcance del objetivo específico 1: el capítulo permite examinar las contribuciones “esperadas y apoyadas” por la evidencia previa, pero también sugiere que, para fortalecer las conclusiones estrictamente territoriales del Meta,

serían deseables más estudios empíricos locales (con medidas comparables de producción y eficiencia).

Efectos de los Sistemas Silvopastoriles en la Conservación Ambiental

El segundo objetivo específico de este estudio es identificar, con base en la literatura científica y técnica, los efectos de los sistemas silvopastoriles (SSP) en la conservación ambiental. Para desarrollar esta sección de manera clara y estructurada, se presenta en primer lugar la matriz de revisión bibliográfica, que constituye la base metodológica del capítulo.

Esta matriz sistematiza las fuentes seleccionadas especialmente para este capítulo, revisando sus enfoques, metodologías y resultados, permitiendo así una visualización comparativa de las dimensiones ambientales más frecuentemente reportadas, el tipo de evidencia que respalda cada efecto y los vínculos entre los resultados de los diferentes estudios. Esta matriz no reemplaza el análisis en sí, sino que proporciona la estructura, permitiendo al lector identificar claramente la fuente de cada afirmación y comprender la construcción de la síntesis que se presenta a continuación.

Tabla 2

Matriz de Revisión Documental N ° 2

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
1	Patiño Quiroz, B. E., Muñoz Ortega, G. I., Baldrich Romero, N. E., & Martínez Ortega, C. A.	2021	Ganadería en sistemas de producción silvopastoril	https://doi.org/10.47847/fagrop.ec
2	Parra, M.	2021	Plan de formación para el aprovechamiento sostenible del suelo agrícola a través del sistema silvopastoril en la	https://espacio.digital.upel.edu

			unidad de producción bella vista comunidad de pozo azul del municipio Junín estado Táchira.	.ve/index.php/TGM/article/view/352
3	Díaz, M. F., Triana-Ángel, N., Sandoval, D., & Burkart, S.	2022	De la teoría a la práctica: ¿Qué debemos tener en cuenta al construir esquemas de Pagos por Servicios Ecosistémicos (PSA) efectivos y sostenibles para Sistemas Silvopastoriles? Evidencia de Colombia	https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/ee9ff7cc-f56e-429f-b41e-970a0e52e3c0/content
4	Moreno, L.; Díaz M.F.; Burkart, S.	2021	Políticas públicas y sistemas silvopastoriles en Latinoamérica: Un estudio comparado	https://cgspace.cgiar.org/items/adc299bb-a3f7-4e3b-ac24-de5816b6c157
5	Pacheco-Hernández, A.	2025	Agronegocios en la producción de alimentos y producción ganadera sostenible a través de sistemas silvopastoriles	https://doi.org/10.5377/emys.v5i1.20287
6	Trejo-Arista, Laura Karen, Cortés-Díaz, Enrique, Martínez-Hernández, Pedro Arturo, & Huerta-Bravo, Maximino.	2023	Sistemas Silvopastoriles: Una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas ganaderas	http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942023000100019&lng=es&tlng=es.

7	Romero-Mena, A. G., Tzec-Gamboa, M., Álvarez-Rivera, Ó. O., Ramírez y Avilés, L., & Solorio-Sánchez, F. J.	2024	Los sistemas silvopastoriles y las barreras socio-ecológicas que limitan su adopción	https://doi.org/10.56369/BAC.5402
8	Sepúlveda, N.	2021	Sistemas silvopastoriles como prácticas recomendadas para desarrollar medidas de mitigación nacionalmente apropiadas en el marco de las contribuciones nacionalmente determinadas en el sector ganadero de Mesoamérica	https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/122_23
9	Escobar, M.P.; Barnes, A.; Garratt, M.; Kinneen, L.; Rosique Esplugas, C.; Sepúlveda, I.; Thompson, J.; Quintero, M.; Romero, M.	2021	BIOSMART - Política agroambiental, sistemas silvopastoriles, biodiversidad y cambio climático	https://hdl.handle.net/10568/116099
10	Vivas Quila, N. J., Gutiérrez Solís, J. F., & Morales Velasco, S.	2024	Sistemas silvopastoriles para una ganadería ecoeficiente	https://books.google.com/books?id=s4hYEQAAQBAJ&dq=silvopastoriles+conservacion&lr=&source=google_navlinks_s
11	Carvajal, M., Restrepo, E. M., Murgueitio, E., Calle, Z.,	2022	Sistemas silvopastoriles y conectividad ecológica en un paisaje de pastoreo de la	https://doi.org/10.18542/ragros.v14i2.13604

	Proyecto Vida Silvestre, & Familias ganaderas de Riberas del San Juan.		región del Magdalena Medio, Colombia	
12	Vargas-de la Mora, A. L.	2021	¿Ganadería sustentable?: análisis socio-ecológico y geográfico de sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas	http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2_771
13	Ortiz Contla, J. I.	2022	Índices de calidad del suelo y almacenamiento de carbono bajo manejo silvopastoril: recuperación de bosques nativos degradados en la zona precordillerana del centro-sur de Chile.	https://repositorio.udec.cl/handle/11594/9470
14	Díaz, M.; Enciso, K.; Triana-Ángel, N.; Sandoval, D.; Burkart S.	2022	Las dimensiones institucionales y estructurales de los Pagos por Servicios Ambientales en Colombia: el caso de los sistemas silvopastoriles	https://hdl.handle.net/10568/125177
15	Ortiz, R.	2024	Sistemas productivos que contribuyen a la sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria de la vereda contadero de Villavicencio, Meta.	http://hdl.handle.net/11634/675_30
16	Flórez, F.; Galindez, J.; Gutierrez, J.F.; Burkart, S.	2024	Evaluación económica de intensificación sostenible de la producción ganadera en la Altillanura de Colombia: Dos casos de estudio en el municipio de Puerto Gaitán, Meta	https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/95517197-494b-48e2-b350-4645a3ca92ad/content

Nota. Matriz de revisión documental con estudios relacionados con la ganadería en sistemas silvopastoriles, el uso sostenible del suelo y los servicios ecosistémicos.

Partiendo de la matriz, resulta evidente que comprender la contribución ambiental de los sistemas silvopastoriles (SSP) requiere ir más allá de la simple visión de estos sistemas como "divisiones de árboles" y comprenderlos como una estrategia de gestión territorial capaz de reconfigurar los procesos ecológicos degradados por la ganadería extensiva. La literatura revisada coincide en que el modelo tradicional, basado en monocultivos de pasturas y la expansión de las áreas de pastoreo, ha fomentado la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida de las funciones del suelo, mientras que los SSP, al integrar componentes leñosos y prácticas de manejo asociadas, pueden restaurar la estabilidad ecológica sin necesariamente perturbar la base productiva (Patiño Quiroz et al., 2021).

Con base en estos datos sistematizados, este capítulo ofrece una síntesis organizada en torno a componentes clave (suelo, carbono y gases de efecto invernadero, biodiversidad y conectividad, y condiciones institucionales favorables) para demostrar qué se conserva, mediante qué mecanismos se logra y en qué condiciones estos resultados tienden a mantenerse en tiempo.

Tabla 3*Efectos Ambientales de los SSP*

Componente ambiental	Efectos ambientales reportados	Evidencia clave	Tipo de evidencia	Fuente(s)
Suelo (salud, fertilidad y erosión)	Recuperación de áreas degradadas, mejora del uso del suelo y reducción de erosión mediante integración de especies leñosas (incluidas fijadoras de N) y manejo silvopastoril; mejoras físicas, químicas y microbiológicas asociadas a resiliencia ambiental.	Identificación de especies fijadoras de N (p. ej., <i>Leucaena</i> , <i>Gliricidia</i> , Inga) y recuperadoras de áreas degradadas; síntesis de impactos en propiedades del suelo en revisiones. síntesis de impactos en propiedades del suelo en revisiones.	Revisión/estado del arte + síntesis técnica	Patiño Quiroz et al. (2021); Trejo- Arista et al. (2023); Vivas Quila et al. (2024)
Carbono del suelo y mitigación climática (C→SOC; GEI)	Secuestro de carbono orgánico del suelo (SOC) y aporte a mitigación de GEI; el desempeño depende del diseño (densidad arbórea/nivel de sombra) y del manejo.	C→SOC (Mg ha ⁻¹ año ⁻¹) varía por tratamiento: sombreado intermedio 7.5; bajo 4.8; alto 1.6; AGROFRST 6.88 (0–20 cm).	Tesis cuantitativa (campo) + recomendaciones de política climática	Ortiz Contla (2022); Sepúlveda (2021); Trejo- Arista et al. (2023)
Biodiversidad (hábitat/refugio)	Aumento de heterogeneidad del hábitat, provisión de refugio para fauna silvestre y mejora de condiciones ecológicas asociadas	Revisión de beneficios en biodiversidad; evidencia de cambios observados a medida que aumentan áreas	Revisión + proyectos/política agroambiental + evidencia de programas	Trejo- Arista et al. (2023); Díaz et al. (2022, octubre); Escobar et al. (2021)

	al aumento de áreas bajo SSP.	bajo SSP e iniciativas en Amazonía orientadas a conservar bosques/biodiversidad.		
Conectividad ecológica y restauración del paisaje	Mejora de conectividad en paisajes fragmentados mediante cercas vivas, árboles en potreros y liberación/restauración de áreas estratégicas (p. ej., corredores ribereños).	Sistematización de co-diseño y adopción (6 años) que habilita restauración de corredores y rehabilitación ecológica al mejorar primero el sistema productivo.	Estudio de caso participativo / sistematización de experiencia	Carvajal et al. (2022); Vargas-de la Mora (2021)
Microclima y bienestar animal (sombra/confort)	Regulación microclimática (sombra, rompevientos) y mejoras en confort y bienestar animal; beneficios asociados a refugio, zonas de confort y disponibilidad de recursos alimenticios.	Revisión reporte bienestar animal como indicador de resiliencia; en intervenciones en Meta se reconocen beneficios ambientales (microclima, hábitat, sumideros) asociados a cercas vivas y conservación de bosques.	Revisión + reporte técnico aplicado	Trejo-Arista et al. (2023); Flórez et al. (2024)

Condiciones institucionales e incentivos (PSA/política)	Los resultados ambientales se sostienen mejor cuando hay instrumentos (PSA), gobernanza y acompañamiento técnico; barreras típicas incluyen monitoreo, tenencia de la tierra y limitaciones técnicas/financieras.	PSA más efectivos con asistencia técnica y pagos en especie (semillas, cercas, mallas); limitaciones institucionales para monitoreo; recomendación de articular servicios ambientales con cadenas/mercados para sostenibilidad financiera; necesidad de marcos de política coherentes.	Meta-análisis + entrevistas (decisores) + análisis comparado de política	Díaz et al. (2022); Díaz et al. (2022, octubre); Moreno et al. (2021)
Adopción (barreras socio-ecológicas)	La baja adopción limita el escalamiento de beneficios ambientales; barreras: establecimiento de árboles, costos, creencias, asistencia técnica y adaptación tecnológica al contexto.	Adopción sustentable reportada como muy baja en el sureste de México (0.51%); barreras agrupadas en establecimiento, socioeconómicas, socioculturales y tecnológicas.	Artículo de síntesis/ensayo técnico con datos sectoriales	Romero-Mena et al. (2024); Vargas-de la Mora (2021)

Nota. Principales efectos ambientales de los sistemas silvopastoriles (SSP), incluyendo su impacto en la recuperación del suelo, el secuestro de carbono y la mitigación del cambio climático, con base en diferentes fuentes científicas.

Los primeros efectos ambientales se concentran en el suelo, ya que es aquí donde la transición silvopastoril suele producir los primeros signos de recuperación. El estudio de Patiño Quiroz et al. (2021) parte de una observación clara: la fragmentación y la degradación ambiental

están vinculadas a la expansión de la ganadería extensiva de monocultivos. Por lo tanto, los autores recomiendan combinar la ganadería con sistemas agroforestales silvopastoriles para mejorar el uso del suelo y preservar la funcionalidad del ecosistema. Siguiendo esta lógica, se destaca el rol de especies con funciones ecológicas específicas dentro del sistema: fijadoras de nitrógeno como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Bauhinia purpurea*, *Albizia lebeck*, *Erythrina fusca*, *Acacia melanoxylon*, *Inga edulis* y *Cratylia argentea*, así como especies vinculadas a la restauración de áreas degradadas y la lucha contra la erosión, por ejemplo, *Weinmannia pubescens*, *Salix humboldtiana* y *Mimosa quitensis*, lo que subraya que la conservación del suelo en los SSP no solo se logra a través de la “sombra” o el “paisaje”, sino a través de interacciones biogeoquímicas y estructurales que estabilizan la tierra y mejoran su fertilidad (Patiño Quiroz et al., 2021).

Esta perspectiva se complementa con datos aplicados centrados en las capacidades locales: Parra (2021) muestra que, incluso cuando la implementación de un sistema silvopastoril es altamente factible, el uso sostenible de la tierra requiere capacitación, evaluaciones y educación ambiental. De hecho, se identifican usos subóptimos de los recursos que no pueden corregirse con simples ajustes técnicos. En otras palabras, la conservación del suelo también depende de las prácticas y decisiones de gestión. Por ello, se propone un plan de capacitación estructurado, compuesto por programas y proyectos, para apoyar la implementación de sistemas silvopastoriles y técnicas agroecológicas (Parra, 2021).

La segunda área de datos ambientales se refiere al carbono del suelo y la mitigación del cambio climático. Los sistemas silvopastoriles emergen entonces como una herramienta relevante gracias a su capacidad para secuestrar carbono, mejorar la calidad del suelo y,

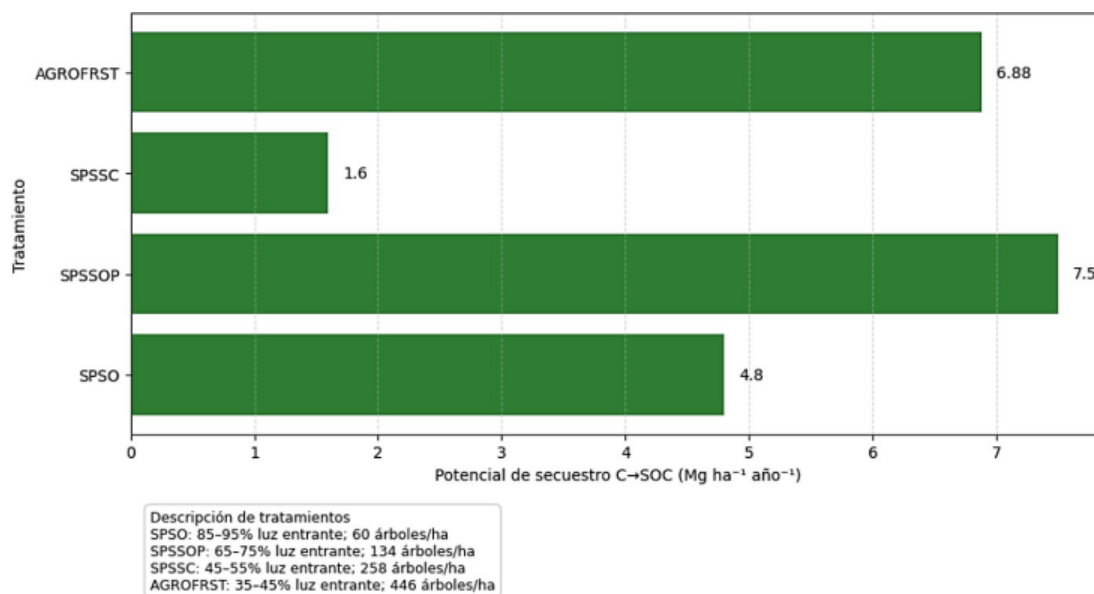
simultáneamente, mantener la producción. Desde una perspectiva regional, el estudio de Trejo-Arista et al. de 2023, basado en 63 documentos seleccionados, integra los beneficios de los sistemas silvopastoriles (SSP) en indicadores como la preservación de la salud del suelo y la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Destaca las mejoras en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos, así como los efectos en la reducción de las emisiones de CO₂ y CH₄ y en el suministro de recursos alimentarios y condiciones de vida óptimas para los animales. Sin embargo, los datos cuantitativos más detallados sobre el secuestro de carbono y la calidad del suelo se encuentran en el trabajo de Ortiz Contla (2022), que evalúa sistemas silvopastoriles bajo diferentes densidades de árboles y niveles de luz solar en el contexto de la restauración de suelos degradados.

Sus resultados son particularmente útiles para el análisis ambiental porque muestran que el rendimiento depende del diseño del sistema: un SSP con sombreado intermedio (65 a 75% de luz entrante) y una densidad aproximada de 134 árboles/ha logró el mayor potencial de incorporación de carbono al suelo en el perfil de 0-20 cm (7.5 Mg ha⁻¹ año⁻¹), mientras que un sistema de bajo sombreado (85 a 95% de luz; 60 árboles/ha) registró 4.8 Mg ha⁻¹ año⁻¹ y un sistema de alto sombreado (45 a 55% de luz; 258 árboles/ha) cayó a 1.6 Mg ha⁻¹ año⁻¹; Además, se reporta que la variabilidad más marcada se encuentra en los indicadores químicos y microbiológicos, con mejores condiciones generales en la capa 0-5 cm, lo que refuerza la idea de que los SSP son relevantes para la conservación del suelo tanto para la acumulación de carbono como para la recuperación funcional (Ortiz Contla, 2022).

Figura 1

Potencial de Secuestro de Carbono Orgánico del Suelo (C→SOC; 0–20 cm) Bajo Manejo Silvopastoril Según Nivel de Sombreado y Densidad Arbórea



Nota. Potencial de secuestro de carbono orgánico del suelo (C→SOC) a una profundidad de 0–20 cm bajo diferentes tratamientos silvopastoriles según el nivel de sombreado y densidad arbórea: SPSO, SPSSOP, SPSSC y AGROFRST. Tomado de: Ortiz Contla, H. (2022). Potencial de secuestro de carbono orgánico del suelo bajo manejo silvopastoril según nivel de sombreado y densidad arbórea. <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/9470>

Cuando se considera la conservación a escala del paisaje, la literatura enfatiza la biodiversidad y la conectividad ecológica como resultados que pueden surgir gradualmente, en particular mediante un enfoque participativo y la planificación a escala de finca.

Carvajal et al. (2022) documentan un proceso colaborativo de seis años en la región del Magdalena Medio (riberas del río San Juan, Cimitarra, Santander), donde la adopción de sistemas silvopastoriles y agroforestales concilió las necesidades productivas con los objetivos

de conservación del Proyecto de Vida Silvestre. En un paisaje deforestado con suelos degradados y fragmentos de bosque amenazados por la posibilidad de convertirse en nuevos pastos, la estrategia no fue la restauración vertical, sino el diálogo, la capacitación y el codiseño enfocados en la eficiencia productiva.

La adopción de prácticas como la planificación agrícola, la fragmentación de pasturas, la integración de árboles de sombra y forrajes mejorados ha liberado áreas estratégicas para la restauración de corredores riparios y la rehabilitación ecológica de áreas mediante sistemas agroforestales. Estas prácticas han fortalecido la conectividad y creado condiciones propicias para la conservación de la biodiversidad y las especies clave (Carvajal et al., 2022). Esta secuencia es importante porque revela un patrón recurrente: el cambio ambiental se consolida cuando los productores perciben beneficios directos de la presencia de árboles, y este cambio cultural fomenta acciones de restauración más ambiciosas.

De igual manera, Vargas-de la Mora (2021) demuestra que los proyectos silvopastoriles pueden aumentar la cobertura forestal mediante la transición de pasturas sin árboles a sistemas de manejo con árboles dispersos, setos vivos y pastoreo bajo árboles, y al cambiar la percepción de los productores sobre la conservación de la cobertura forestal. Sin embargo, enfatiza que el cambio puede no ser proporcional al tiempo y la inversión, y que replicar modelos intensivos no siempre es factible. Por lo tanto, se recomienda priorizar las especies arbóreas multifuncionales y adaptar las estrategias al contexto socioecológico y a la utilidad percibida de las especies locales (Vargas-de la Mora, 2021).

En la Amazonía colombiana, la dimensión biodiversidad-clima parece estar vinculada a las medidas agroambientales y a la implementación efectiva de sistemas silvopastoriles (SSP) en territorios marcados por tensiones sociales y biofísicas. El proyecto BIOSMART, descrito por

Escobar et al. (2021), busca comprender la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) y otras medidas agroambientales mediante una combinación de métodos sociales (entrevistas, grupos focales, percepción de riesgos) y biofísicos (ecología de campo, modelación del cambio de uso del suelo), con un objetivo explícito: apoyar los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el desarrollo rural, la reducción de la pobreza, la ganadería con cero emisiones netas de carbono y la conservación de los bosques y la biodiversidad.

Este tipo de enfoque refuerza la idea de que los efectos ambientales de los sistemas silvopastoriles (SSP) no dependen únicamente de su desempeño ecológico, sino de su integración en las dinámicas locales de gobernanza, adopción y uso del suelo (Escobar et al., 2021). En contextos donde las restricciones legales pesan sobre el uso del suelo, la lógica de conciliar producción y conservación también se hace evidente: Ortiz (2024), trabajando en una reserva forestal protegida en Villavicencio (Meta), propone alternativas de producción sostenible (sistemas agroforestales y productos forestales no maderables) orientadas a la biodiversidad y la sostenibilidad a largo plazo. Esto ayuda a contextualizar cómo las estrategias agroforestales, y por extensión, las silvopastorales, se alinean con los objetivos de conservación cuando el territorio requiere soluciones de menor impacto y mayor coherencia ecológica (Ortiz, 2024).

Junto con los datos ecológicos, varios estudios destacan que la conservación ambiental en sistemas silvopastoriles (SSP) se ve favorecida o comprometida por las condiciones institucionales, económicas y culturales, lo que enfatiza la importancia de considerar las barreras y los mecanismos de incentivos. Romero-Mena et al. (2024) observaron en México que la adopción de prácticas sostenibles sigue siendo baja a pesar de sus beneficios y categorizaron las barreras socioecológicas en cuatro grupos: tiempo de establecimiento y vulnerabilidad de los árboles, costos y limitaciones crediticias, creencias y hábitos de producción (en particular, la

percepción de menores rendimientos bajo la cobertura arbórea) y desafíos tecnológicos relacionados con la adaptación al contexto. Este marco es relevante porque demuestra que, si no se abordan estas barreras, los beneficios ambientales potenciales no se consolidan ni se amplifican (Romero-Mena et al., 2024).

En la misma línea de las "condiciones propicias", las discusiones sobre los pagos por servicios ecosistémicos (PSA) sugieren que los incentivos pueden promover la conservación, pero su efectividad depende de su diseño y contexto. Díaz et al. (2022) concluyen que los programas de PSA aplicados a sistemas silvopastoriles enfrentan desafíos institucionales, particularmente en materia de monitoreo y evaluación. Concluyen que estos programas son más efectivos cuando se combinan con estrategias complementarias como la extensión agrícola y los pagos en especie (p. ej., setos vivos, semillas o insumos). También proponen que estos programas evolucionen de un enfoque puramente conservacionista a modelos que vinculen la provisión de servicios ecosistémicos con cadenas de valor y mercados especializados para mejorar su viabilidad financiera (Díaz et al., 2022).

Además, Díaz et al. (octubre de 2022) afirman que el desempeño de los PSA se explica por la interacción entre el contexto y su implementación (económico, político, social y ambiental) y enfatizan que el aumento de las áreas bajo SSP se acompaña de cambios en la biodiversidad. Sin embargo, insisten en que los PSA no deben considerarse una solución aislada, sino un elemento de un conjunto de medidas (Díaz et al., octubre de 2022).

Este enfoque se alinea con recomendaciones de políticas más amplias: Moreno et al. (2021) afirman que América Latina y el Caribe, dado su peso en la producción mundial de carne y leche y las presiones futuras de la demanda, requieren marcos coherentes e instrumentos adecuados para promover los sistemas silvopastoriles (SSP). En otras palabras, la conservación

ambiental no puede depender de proyectos piloto, sino de políticas coherentes para su adopción y escalamiento (Moreno et al., 2021).

Desde una perspectiva climática regional, Sepúlveda (2021) posiciona las SSP (Prácticas Sectoriales Sostenibles) como una práctica recomendada entre las medidas de mitigación alineadas con las contribuciones determinadas a nivel nacional, destacando su papel en el reciclaje de nutrientes, la fertilidad del suelo, el secuestro de carbono y la reducción de emisiones. Esto refuerza la idea de que la conservación ambiental dentro de las SSP puede constituir un instrumento de política climática sectorial, siempre que su implementación sea viable para los productores (Sepúlveda, 2021).

Finalmente, cabe destacar que los efectos ambientales descritos no se limitan al nivel conceptual, sino que también aparecen en estudios aplicados orientados a la producción. En Colombia, una intervención de intensificación sostenible en la región de la Altillanura (Puerto Gaitán, Meta) integra la formación de setos vivos, la conservación de parcelas forestales y mejoras en la gestión y la infraestructura. Si bien su evaluación se centra en la viabilidad económica, reconoce los beneficios ambientales esperados, como los sumideros de carbono, la regulación del microclima, la conservación del hábitat y la posible reducción del metano entérico, y enfatiza la necesidad de una evaluación integral de los servicios ecosistémicos en el futuro (Flórez et al., 2024).

En México, Pacheco-Hernández (2025) indica que los productores asocian los sistemas silvopastoriles (SSP) con mejoras en la calidad del suelo, la biodiversidad y el almacenamiento de carbono, así como con la diversificación de ingresos. Si bien el enfoque se centra en la agroindustria, sus hallazgos son relevantes porque muestran cómo los beneficios ambientales

pueden coexistir con los incentivos económicos, reduciendo así la presión para la expansión extensiva (Pacheco-Hernández, 2025).

En cuanto a la apropiación técnica, Vivas Quila et al. (2024) consolidan una visión integral en la que las prácticas de manejo sostenible del suelo (PMSSS), además de aumentar la productividad, fortalecen la resiliencia climática, promueven la biodiversidad y contribuyen a la restauración del suelo. Proponen herramientas prácticas para implementar estas prácticas mediante un enfoque ecoeficiente, que traduce la conservación en decisiones de diseño y gestión en explotaciones ganaderas (Vivas Quila et al., 2024).

En general, el estudio muestra que los efectos de los SSP en la conservación ambiental se manifiestan más claramente cuando el manejo ecológico es adecuado (densidad/sombra/especies), el manejo es consistente (prácticas y monitoreo) y el contexto institucional permite su adopción (asistencia técnica, incentivos y reglas claras), permitiendo así que las mejoras en suelos, carbono y biodiversidad pasen de un potencial teórico a un resultado sustentable en el territorio (Patiño Quiroz et al., 2021; Ortiz Contla, 2022; Carvajal et al., 2022; Díaz et al., 2022; Romero-Mena et al., 2024).

Comparación de las Diferencias Observadas entre los Sistemas Silvopastoriles y las Prácticas Ganaderas Tradicionales en el Meta

Tabla 4

Matriz de Revisión Documental N ° 3

#	Autor	Año	Título	DOI o URL
1	Silva Ruiz, J. & Jaramillo Peralta, D.	2022	Ganadería extensiva y sostenibilidad ambiental: retos para la Orinoquia colombiana	https://doi.org/10.15446/ga.v25n.95638
2	Morales Rozo, A., Pérez, L., & Cárdenas, S.	2021	Biodiversidad asociada a sistema ganaderos tradicionales y silvopastoriles en el piedemonte llanero	https://doi.org/10.15446/abc.v26n.85741
3	Moreno, F., Rueda, B., & Chará, J.	2021	Evaluación económica de sistema silvopastoriles en comparación con ganadería extensiva en Colombia	https://doi.org/10.11144/Javeriana.dr18-87.eess
4	Carvajal, J., Chará, J., Murgueitio, E., & Zuluaga, A.	2022	Sistemas silvopastoriles y su contribución a la conservación de la biodiversidad en paisajes ganaderos tropicales	https://doi.org/10.1007/s10457-021-00692-4
5	IDEAM	2023	Impactos de la ganadería sobre lo suelos y ecosistemas en Colombi	https://www.ideam.gov.co/web/atecion-y-participacion-ciudadana/publicaciones
6	Alvarado Sandino, J., Rincón Álvarez, J., & Ramírez Triana, C.	2023	Sistemas silvopastoriles como estrategia de sostenibilidad para l ganadería bovina en Colombia	https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v36n2a05

7	Flórez, A., Rojas, C., & Andrade, H.	2024	Productividad ganadera y adaptación al cambio climático e sistemas silvopastoriles del trópico húmedo	https://doi.org/10.22267/rcia.24411.198
8	Hernández- Arturo, J., Suárez, J. C., & Vargas, L.	2024	Efectos de los sistemas silvopastoriles sobre la calidad de suelo y la producción ganadera e la Orinoquia colombiana	https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num1_art3210
9	Cisneros- Saguilán, P., Martínez- García, C. G. & López- González, F.	2024	Resiliencia climática de sistemas ganaderos frente a escenarios de variabilidad climática en el trópico	https://doi.org/10.3390/su1604183
10	Ortiz, L. A.	2024	Degradación de suelos asociada a la ganadería extensiva y alternativas sostenibles en la Orinoquia colombiana	https://doi.org/10.22490/214564536247

Nota. Estudios recientes sobre ganadería y sistemas silvopastoriles en Colombia, abordando aspectos de sostenibilidad ambiental, biodiversidad e impactos económicos y ecológicos.

La literatura científica reciente nos permite identificar diferencias que son tanto claras como consistentes entre la ganadería tradicional y los sistemas silvopastoriles, que se caracterizan por modelos productivos y ecológicos sustancialmente diferentes. En el Departamento de Meta, donde la ganadería extensiva ha predominado históricamente, estas diferencias son particularmente importantes dado las características edáficas y climáticas de la región, los suelos frágiles y la creciente presión sobre los ecosistemas naturales. Los estudios investigados coinciden en que la ganadería tradicional se ha caracterizado por el uso extensivo del suelo, la homogenización de los pastos y la baja diversificación de la vegetación, lo que ha

llevado a entornos degradados y baja eficiencia productiva por unidad de superficie (Silva Ruiz & Jaramillo Peralta, 2022; IDEAM, 2023).

Desde una perspectiva productiva, la evidencia indica que los sistemas ganaderos tradicionales sostienen sus niveles de producción mediante la expansión del área, lo que aumenta la presión sobre el suelo y limita el sistema en el largo plazo. En estos modelos la estacionalidad de los forrajes, la degradación física del suelo y la fertilidad que retrocede, condicionan el desempeño productivo, en especial en los períodos de sequía recurrentes en la región del Meta (Ortiz, 2024).

En contraste, los sistemas silvopastoriles presentan una lógica de intensificación sostenible por la integración de árboles, arbustos y pastos, que mejora la disponibilidad y la estabilidad del forraje, optimiza el microclima y aumenta la eficiencia en el uso del suelo. Investigaciones realizadas en la Altillanura y en otras regiones de condiciones agroecológicas similares al Meta, han demostrado que estos sistemas logran mayor productividad por hectárea y menor variabilidad estacional en el rendimiento ganadero. Esto se traduce en sistemas más estables y resilientes (Flórez et al., 2024; Hernández-Arturo et al., 2024).

La comparación en el ámbito ambiental entre dos modelos productivos permite visibilizar diferencias relevantes en el estado y la funcionalidad del suelo. La ganadería tradicional ha sido asociada a la compactación del suelo, la pérdida de materia orgánica y la reducción de la capacidad de infiltración hídrica, lo cual impacta negativamente en la productividad del sistema en el futuro y en la provisión de servicios ecosistémicos (IDEAM, 2023). En contraste, la literatura indica que los sistemas silvopastoriles, por la presencia de árboles, la hojarasca y los sistemas radiculares, son los que más favorecen la recuperación de la estructura del suelo y el aumento de carbono orgánico. Estas características contribuyen a mejorar la fertilidad, la

retención de humedad y la actividad biológica del suelo, fortaleciendo la base biofísica que sustenta la producción ganadera (Hernández-Arturo et al., 2024; Ortiz, 2024).

Otro eje relevante de diferenciación entre los dos sistemas se relaciona con la biodiversidad y la configuración del paisaje. La evidencia empírica sugiere que la actividad ganadera tradicional simplifica el paisaje productivo y reduce la heterogeneidad estructural y la disponibilidad de hábitats para la vida silvestre. Estudios en las estribaciones de los Llanos del Meta han descrito que los pastos convencionales tienen menor diversidad faunística y funcional en comparación con sistemas que integran componentes arbóreos (Morales Rozo et al., 2021). En contraste, los sistemas silvopastorales mejoran la complejidad del agroecosistema, promueven la conectividad ecológica y funcionan como corredores biológicos dentro de los paisajes productivos, ayudando a conservar la biodiversidad y la producción ganadera (Carvajal et al., 2022).

De los enfoques revisados, el cambio climático plantea impactos, en los sistemas ganaderos tradicionales, que hacen estos más vulnerables a fenómenos extremos, como sequías y aumento de temperaturas, por la ausencia de sombra y la dependencia de pastos, que por estrés hídrico, son muy vulnerables. Esta situación se traduce en pérdidas productivas de forma reiterada y en un aumento de la incertidumbre económica de los productores (Cisneros-Saguilán et al., 2024).

En los sistemas silvopastoriles, en contraste, el estrés térmico es reducido y se mejora la regulación microclimática y la diversificación de fuentes de alimentación. Estas características amortiguan los impactos de la variabilidad climática y, en contextos como el de Meta, donde los cambios climáticos son asociados a aumentos en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, contribuyen a la resiliencia de los sistemas productivos (Flórez et al., 2024).

Desde una perspectiva socioeconómica, la ganadería tradicional se suele apreciar por su menor complejidad y demanda inicial, sin embargo, estudios recientes demuestran que por costos de degradación de suelo y pérdidas de productividad, su sostenibilidad económica se ve severamente restringida a mediano y largo plazos. Por el contrario, los sistemas silvopastoriles, aunque requieren de una planificación más cuidadosa y una inversión inicial más alta, brindan ventajas económicas a largo plazo por su mayor eficiencia productiva, menores costos por la recuperación de suelos degradados y acceso a incentivos pagos por servicios ambientales, así como a la ganadería de los esquemas de sustitución que están fomentados por la legislación en ganadería sostenible (Moreno et al. 2021; Alvarado Sandino et al. 2023).

Adicionalmente, la literatura reconoce que en el Meta, la adopción de estos sistemas presenta algunas barreras estructurales, como la falta de asistencia técnica especializada, restricciones de acceso al crédito y resistencia cultural al cambio productivo, lo que conlleva a la necesidad de contar con estrategias de acompañamiento institucional adaptadas al contexto.

La investigación analizada muestra que los sistemas silvopastoriles son más productivos que las prácticas ganaderas tradicionales. Adicionalmente son más eficientes en el uso de los recursos, protegen el medio ambiente, son más resilientes al cambio climático, y son socioeconómicamente más justificables. En el caso del Departamento del Meta, estos sistemas ofrecen la ganadería extensiva, en términos de sostenibilidad y resiliencia, en la transformación de prácticas ganaderas silvopastoriles. La implementación de estos sistemas requiere de una buena planificación, el aprendizaje y el apoyo a las estructuras locales, y una política pública que acompañe la intervención.

Tabla 5*Comparación entre Sistemas Silvopastoriles y Ganadería Tradicional en el Meta*

Dimensión de análisis	Ganadería tradicional	Sistemas silvopastoriles
Uso del suelo	Extensivo, con baja eficiencia por hectárea y expansión constante del área productiva.	Intensivo sostenible, mayor productividad por unidadde superficie.
Productividad ganadera	Alta variabilidad estacional y dependencia climática.	Mayor estabilidad productiva y diversificación forrajera.
Estado del suelo	Compactación, pérdida de materia orgánica y reducción de infiltración.	Mejora de la estructura del suelo y aumento del carbono orgánico.
Biodiversidad	Paisajes homogéneos con baja diversidad biológica.	Mayor heterogeneidad estructural y conectividad ecológica.
Resiliencia climática	Alta vulnerabilidad a sequías y estrés térmico.	Regulación microclimática y reducción del estrés animal
Sostenibilidad económica	Rentabilidad decreciente a mediano plazo.	Beneficios económicos sostenidos y acceso a incentivos ambientales.

Nota. Comparación de la ganadería tradicional con los sistemas silvopastoriles en el Meta, destacando que estos últimos ofrecen un uso más eficiente del suelo, mayor estabilidad productiva, mejor calidad del suelo, mayor biodiversidad y resiliencia climática, frente a la ganadería tradicional extensiva, degrada el suelo y es vulnerable al clima.

El presente análisis comparativo se realizó utilizando exclusivamente fuentes bibliográficas que se ajustan a los criterios metodológicos, al rango temporal y a la prioridad de literatura científica de tipo evaluada por pares y documentos técnicos institucionales de carácter

verificable. Con esta estrategia se logró identificar patrones de calidad y realizar un análisis crítico de los aportes más relevantes de los sistemas silvopastoriles en contraste con la ganadería tradicional, sin la necesidad de datos primarios o intervenciones empíricas.

Conclusiones

Esta revisión de documentos ha permitido analizar casi todos los sistemas silvopastoriles y su contribución a la productividad ganadera y la conservación ambiental en comparación con las prácticas ganaderas tradicionales predominantes en el departamento de Meta. Al analizar la literatura científica y los documentos técnicos publicados dentro del marco de tiempo especificado en la metodología, fue evidente que la ganadería extensiva convencional ha tenido impactos negativos acumulativos en el suelo, la biodiversidad y la sostenibilidad productiva, dentro del contexto de alta presión sobre los recursos naturales y el aumento de la variabilidad climática.

Con respecto al primer objetivo específico, la revisión de la literatura muestra que los sistemas silvopastoriles ofrecen sistemas alternativos productivos que pueden mejorar la eficiencia del uso del suelo y la estabilidad de la producción ganadera. La incorporación de árboles, arbustos y praderas herbáceas mejora la disponibilidad de forraje, la regulación del microclima y la reducción del estrés térmico del ganado, lo que lleva a un aumento de la productividad por hectárea y crea sistemas que son más resilientes a la variabilidad climática. Estos hallazgos confirman que la intensificación sostenible es una estrategia viable frente al sistema tradicionalmente extensivo.

Con relación al segundo objetivo específico, la evidencia disponible señala que los sistemas silvopastoriles ayudan a la conservación del medio ambiente, especialmente en la recuperación de suelos degradados, en la recuperación de suelos y en la mejora de la funcionalidad y estructura del suelo. Además, los sistemas silvopastoriles ayudan a aumentar la biodiversidad y la conectividad ecológica dentro de los paisajes pastorales, aliviando las consecuencias de la fragmentación e impactando positivamente los servicios ecosistémicos que

se proporcionan. En contraste, la ganadería tradicional a menudo se asocia con la compactación del suelo, la pérdida de fertilidad del suelo y la simplificación del paisaje, lo que compromete la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

En relación con el tercer objetivo específico, el análisis de las diferencias entre los sistemas silvopastoriles y las prácticas ganaderas tradicionales permitió identificar diferencias sustanciales en las esferas productiva, ambiental y socioeconómica. La literatura revisada concuerda en que los sistemas silvopastoriles superan a la ganadería tradicional en eficiencia productiva, resiliencia climática y sostenibilidad económica a largo plazo, al tiempo que disminuyen los impactos ambientales negativos. Sin embargo, también se reconoce que la adopción de estos sistemas tiene limitaciones estructurales, como la ausencia de asistencia técnica especializada, acceso limitado al crédito y resistencia cultural al cambio, lo que confirma la necesidad de un apoyo institucional adecuado.

Los estudios revisados apuntan a que en el Meta, el avance a sistemas silvopastoriles no debe ser visto como un cambio técnico-productivo, sino como un proceso de transformación territorial que requiere planificación, construcción de nuevas capacidades de los actores locales y alineación con acciones de políticas públicas en ganadería sostenible y adaptación al cambio climático. En este sentido, el desarrollo escalonado de estos sistemas puede contribuir a avanzar en la competitividad del sector pecuario y en la preservación de los ecosistemas vitales de la región.

Por último, es pertinente aclarar que este trabajo no construyó ni implementó en la práctica un sistema silvopastoril. Elaboró una propuesta con fines analíticos, a partir de evidencias documentales que se pueden verificar. Por tal razón, se sugiere que en el futuro se

realicen investigaciones que tengan un carácter más aplicado y que permitan, a través de datos de primera mano, conocer los resultados productivos, ambientales y económicos de los sistemas

silvopastoriles en situaciones concretas del departamento del Meta. También se sugiere profundizar en el análisis que considera la visión de los productores y los efectos de los incentivos de carácter institucional, para que se puedan dar procesos de adopción sostenibles y ajustados a los contextos.

Recomendaciones

A partir de los hallazgos basados en la revisión de la literatura, se recomienda que las entidades públicas y privadas relacionadas con el sector ganadero del departamento del Meta promuevan gradualmente la adopción de sistemas silvopastoriles como estrategia de producción ganadera y sostenibilidad ambiental. Estas acciones deben estar vinculadas a iniciativas de zonificación productiva y adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas específicas de la región.

Es recomendable fortalecer los procesos de asistencia técnica y extensión rural, especializados en sistemas silvopastoriles, con énfasis en el diseño, manejo y mantenimiento de dichos sistemas en escenarios de ganadería extensiva tradicional. La literatura muestra que la falta de apoyo técnico es una de las barreras de adopción más comunes, por lo que es prioridad capacitar a los productores y técnicos locales en la adaptación de prácticas sostenibles a las condiciones del Meta.

Dado lo anterior, sería valioso que las entidades financieras y los programas de promoción agrícola proporcionen financiamiento especializado e incentivos económicos para los productores que realicen la transición a sistemas silvopastoriles. El acceso a préstamos blandos, pagos por servicios ambientales y certificación de ganadería sostenible puede facilitar las barreras de inversión inicial y brindar apoyo a la adopción y mantenimiento a largo plazo de dichos sistemas.

Desde la perspectiva de la investigación, sería relevante cambiar a estudios aplicados que complementen esta revisión de literatura con recolecciones de datos primarios sobre fincas ganaderas en el Meta. Tal investigación debería ofrecer evaluaciones cuantitativas del impacto de los sistemas silvopastoriles en la productividad, la recuperación del suelo, la biodiversidad y

la rentabilidad económica, y debería evaluar su desempeño frente a la variabilidad y el cambio climático.

También sería relevante fortalecer la investigación socioeconómica y participativa para entender las percepciones, motivaciones y resistencias de los productores, en el caso de los sistemas silvopastoriles. Utilizar el conocimiento local y las prácticas culturales en el diseño de la estrategia de transición productiva puede proporcionar procesos de implementación más efectivos y sostenibles.

Finalmente, se considera que los próximos trabajos académicos deberían incorporar de manera sinérgica enfoques territoriales e interdisciplinarios que articulen la producción ganadera con la conservación del medio ambiente y el desarrollo rural sostenible. En este contexto, los sistemas silvopastoriles constituyen una gran oportunidad para hacer avanzar la producción hacia modelos más resilientes y económicamente compatibles con la conservación de los ecosistemas del departamento del Meta, siempre que su promoción esté acompañada de investigación científica, respaldo institucional y políticas públicas pertinentes.

Referencias Bibliográficas

- Alcaraz García, E., Manco Duarte, J., & Ochoa Betancur, L. (2023). *Caracterización socioambiental para la implementación de sistemas silvopastoriles que permitan la disminución de impactos ambientales generados por la ganadería extensiva en las veredas San Mateo y Martaná del municipio de Remedios, Antioquia (2022–2023)* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/40715>
- Alvarado Sandino, C. O., Barnes, A. P., Sepúlveda, I., Garratt, M. P. D., Thompson, J., & Escobar-Tello, M. P. (2023). Examining factors for the adoption of silvopastoral agroforestry in the Colombian Amazon. *Scientific Reports*, *13*, Article 12252. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39038-0>
- Alvarado Sandino, J., Rincón Álvarez, J., & Ramírez Triana, C. (2023). *Sistemas silvopastoriles como estrategia de sostenibilidad para la ganadería bovina en Colombia*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *36*(2), 125–138. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v36n2a05>
- Bohórquez Perilla, J. (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 Institucional Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/4559>
- Carvajal, J., Chará, J., Murgueitio, E., & Zuluaga, A. (2022). *Sistemas silvopastoriles y su contribución a la conservación de la biodiversidad en paisajes ganaderos tropicales*. *Agroforestry Systems*, *96*(3), 423–437. <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00692-4>

- Carvajal, M., Restrepo, E. M., Murgueitio, E., Calle, Z., Proyecto Vida Silvestre, & Familias ganaderas de Riberas del San Juan. (2022). Sistemas silvopastoriles y conectividad ecológica en un paisaje de pastoreo de la región del Magdalena Medio, Colombia. *Revista Agroecosistemas*, 14(2), 134–153. <https://doi.org/10.18542/ragros.v14i2.13604>
- Chará, J., Rivera, J. E., Barahona, R., & Murgueitio, E. (2019). *Intensive silvopastoral systems: Economics and contribution to climate change mitigation and public policies in Colombia*. *Agroforestry Systems*, 93(2), 761–774. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0269-6>
- Chará-Serna, A. M., & Chará, J. (2020). Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales. *Livestock Research for Rural Development*, 32, Article 184. <http://www.lrrd.org/lrrd32/11/ana32184.html>
- Cisneros-Saguilán, P., Hernández-Salinas, G., & Hernández, M. (2024). Silvopastoral systems, an alternative to mitigate the impact of climate change on livestock. *Idesia (Arica)*, 42(2), 51–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292024000200051>
- Cisneros-Saguilán, P., Martínez-García, C. G., & López-González, F. (2024). *Resiliencia climática de sistemas ganaderos frente a escenarios de variabilidad climática en el trópico*. *Sustainability*, 16(4), 1837. <https://doi.org/10.3390/su16041837>
- Díaz, M. F., Triana-Ángel, N., Sandoval, D., & Burkart, S. (2022, octubre 10–14). *De la teoría a la práctica: ¿Qué debemos tener en cuenta al construir esquemas de pagos por servicios ecosistémicos (PSA) efectivos y sostenibles para sistemas silvopastoriles? Evidencia de Colombia* [Ponencia presentada en congreso]. VII Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, Matanzas, Cuba.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/ee9ff7cc-f56e-429f-b41e-970a0e52e3c0/content>

Díaz, M., Enciso, K., Triana-Ángel, N., Sandoval, D., & Burkart, S. (2022, octubre 10–15). *Las dimensiones institucionales y estructurales de los Pagos por Servicios Ambientales en Colombia: El caso de los sistemas silvopastoriles* [Ponencia

presentada en congreso]. Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022, Varadero, Cuba. <https://hdl.handle.net/10568/125177>

FAO. (2017). *Sustainable land management in livestock production systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://www.fao.org/3/i8232en/I8232EN.pdf>

Flórez, A., Rojas, C., & Andrade, H. (2024). *Productividad ganadera y adaptación al cambio climático en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 41(1), 55–70. <https://doi.org/10.22267/rcia.244101.198>

Flórez, F., Galindez, J., Gutierrez, J. F., & Burkart, S. (2024). *Evaluación económica de intensificación sostenible de la producción ganadera en la Atillanura de Colombia: Dos casos de estudio en el municipio de Puerto Gaitán, Meta*. CGIAR Iniciativa en ganadería y clima. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/95517197-494b-48e2-b350-4645a3ca92ad/content>

Giraldo, N. V., & Chará, J. (2022). Efecto de los sistemas silvopastoriles intensivos en la reducción de la degradación física y biológica del suelo. *Livestock Research for Rural Development*, 34, Article 17. <http://www.lrrd.org/lrrd34/3/3417vicky.html>

- Gómez-Pérez, J. F., & Muñoz-García, J. S. (2024). GHG emissions from stationary energy in Medellín (Colombia): Evaluation based on the Climate Action Plan. *Bitácora Urbano Territorial*, 34(3), Article 113557. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v34n3.113557>
- Gutiérrez Bermúdez, C. del C., & Mendieta Araica, B. G. (2022). Sistemas silvopastoriles: Una alternativa para la ganadería bovina sostenible. *La Calera*, 22(38), 46–52. <https://doi.org/10.5377/calera.v22i38.14193>
- Harvey, C. A., Martínez-Rodríguez, M. R., Cárdenas, J. M., Avelino, J., Rapidel, B., Vignola, R., & Donatti, C. I. (2014). *The use of ecosystem-based adaptation practices by smallholder farmers in Central America*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 183, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.013>
- Hernández-Arturo, A., García-Munguía, C. A., García-Munguía, A. M., Lemus-Flores, C., & Morales-Flores, S. (2024). *Sistemas silvopastoriles y las condiciones para su establecimiento*. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 11(2). <https://doi.org/10.60158/rma.v11i2.425>
- Hernández-Arturo, J., Suárez, J. C., & Vargas, L. (2024). *Efectos de los sistemas silvopastoriles sobre la calidad del suelo y la producción ganadera en la Orinoquia colombiana*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(1), e3210. https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num1_art3210
- IDEAM. (2023). *Impactos de la ganadería sobre los suelos y ecosistemas en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones>

International Renewable Energy Agency. (2021). *Renewable energy: A key climate solution*.

<https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Energy-A-Key-Climate-Solution>

Mahecha-Ledesma, L., Ángulo-Arizala, J., & Argüello-Rangel, J. (2022). Sistemas silvopastoriles: Estrategia para la articulación de la ganadería bovina a desafíos del siglo XXI. En H. Rodríguez Espinosa (Coord.), *Innovación en la investigación agropecuaria* (pp. 103–144). Fondo Editorial Biogénesis.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Resolución No. 000126 de 2022:*

Lineamientos de política para la ganadería bovina sostenible (GBS 2022–2050).

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCIÓN%20NO.%20000126%20DE%202022.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2023). *Informe de avance de proyectos de generación renovable en Colombia*. <https://www.minenergia.gov.co>

Morales Rozo, A., Lizcano, D. J., Montoya Arango, S., Velásquez Suárez, Á., Álvarez Daza, E., & Acevedo-Charry, O. (2021). *Diferencias en paisajes sonoros de sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales del piedemonte llanero, Meta, Colombia*. *Biota Colombiana*, 22(1), 74–95. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a05>

Morales Rozo, A., Pérez, L., & Cárdenas, S. (2021). *Biodiversidad asociada a sistemas ganaderos tradicionales y silvopastoriles en el piedemonte llanero*. *Acta Biológica Colombiana*, 26(3), 345–356. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n3.85741>

Moreno, F., Rueda, B., & Chará, J. (2021). *Evaluación económica de sistemas silvopastoriles en comparación con ganadería extensiva en Colombia*. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 18(87), 1–18. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr18-87.eess>

- Moreno, L., Díaz, M. F., & Burkart, S. (2021). *Políticas públicas y sistemas silvopastoriles en Latinoamérica: Un estudio comparado* (Políticas en Síntesis No. 58). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://cgspace.cgiar.org/items/adc299bb-a3f7-4e3b-ac24-de5816b6c157>
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. F. (2011). *Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation to climate change*. *Tropical Grasslands*, 45(1), 1–8. <https://tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/50>
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., & Murgueitio, E. (2012). *Carbon sequestration in intensive silvopastoral systems in the Colombian Andes*. *Agroforestry Systems*, 86(3), 421–430. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9545-9>
- Ortiz Contla, J. I. (2022). *Índices de calidad del suelo y almacenamiento de carbono bajo manejo silvopastoril: Recuperación de bosques nativos degradados en la zona precordillerana del centro-sur de Chile* [Tesis, Universidad de Concepción]. Repositorio Institucional UdeC. <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/9470>
- Ortiz, L. A. (2024). *Degradación de suelos asociada a la ganadería extensiva y alternativas sostenibles en la Orinoquia colombiana*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15(2), 89–102. <https://doi.org/10.22490/21456453.6247>
- Ortiz, R. (2024). *Sistemas productivos que contribuyen a la sostenibilidad ambiental y seguridad alimentaria de la vereda Contadero de Villavicencio, Meta*. <http://hdl.handle.net/11634/67530>
- Pacheco-Hernández, A. (2025). Agronegocios en la producción de alimentos y producción ganadera sostenible a través de sistemas silvopastoriles. *Empresa y Sociedad*, 5(1), 11–22. <https://doi.org/10.5377/emys.v5i1.20287> Camjol

- Parker, C. (2018). Energy transition in South America: Elite views in the mining sector, four cases under study. *Ambiente & Sociedade*, 21. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0089r1vu1811ao>
- Parra, M. (2021). *Plan de formación para el aprovechamiento sostenible del suelo agrícola a través del sistema silvopastoril en la unidad de producción Bella Vista comunidad de Pozo Azul del municipio Junín estado Táchira* [Trabajo de grado de maestría, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico Rural “Gervasio Rubio”]. Espacio Digital UPEL. <https://espacio.digital.upel.edu.ve/index.php/TGM/article/view/352>
- Patiño Quiroz, B. E., Muñoz Ortega, G. I., Baldrich Romero, N. E., & Martínez Ortega, C. A. (2021). Ganadería en sistemas de producción silvopastoril. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 13(2), 156–168. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a7>
- Quintero Rangel, N. (2023). *El rol de los sistemas silvopastoriles en la transición a la sostenibilidad del sector ganadero de Tame – Arauca* [Trabajo académico].
- Reis, R. A., Ruggieri, A. C., Oliveira, A. A., Azenha, M. V., & Casagrande, D. R. (2020). *Silvopastoral systems: Toward sustainable intensification of livestock production*. *Animal Production Science*, 60(14), 1705–1716. <https://doi.org/10.1071/AN18594>
- Rivera, J., Colcombet, L., Santos-Gally, R., Murgueitio, E., Díaz, M., Mauricio, R., Peri, P., & Chará, J. (2021). *Sistemas silvopastoriles: Ganadería sostenible con arraigo e innovación*. CIPAV. <https://www.cipav.org.co/wp-content/uploads/2021/04/Sistemas-silvopastoriles-ganaderia-sostenible-con-arraigo-e-innovacion.pdf>
- Rodríguez-Segura, F. J., & Frolova, M. (2023). How does society assess the impact of renewable energy in rural inland areas? Comparative analysis between the province of Jaén (Spain)

and Somogy County (Hungary). *Investigaciones Geográficas*, 80, 193–214.

<https://doi.org/10.14198/ingeo.24444> SciELO

Romero-Mena, A. G., Tzec-Gamboa, M., Álvarez-Rivera, Ó. O., Ramírez y Avilés, L., & Solorio-Sánchez, F. J. (2024). Los sistemas silvopastoriles y las barreras socio-ecológicas que limitan su adopción. *Bioagrobiencias*, 17(1), 53–57.

<https://doi.org/10.56369/BAC.5402>

Sánchez Parales, W. (2020). *Sistemas silvopastoriles (SSP) como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].

<https://hdl.handle.net/20.500.12494/16330>

Sánchez, M. D., & Rosales, M. (2015). *Agroforestry systems for sustainable livestock production*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(10), 395–404.

<https://doi.org/10.1590/S1806-92902015001000001>

Sepúlveda, N. (2021). *Sistemas silvopastoriles como prácticas recomendadas para desarrollar medidas de mitigación nacionalmente apropiadas en el marco de las contribuciones nacionalmente determinadas en el sector ganadero de Mesoamérica* [Documento técnico]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12223>

Silva Ruiz, J., & Jaramillo Peralta, D. (2022). *Ganadería extensiva y sostenibilidad ambiental: retos para la Orinoquia colombiana*. *Gestión y Ambiente*, 25(1), 45–58.

<https://doi.org/10.15446/ga.v25n1.95638>

Silva Ruiz, L., & Jaramillo Peralta, D. A. (2022). *Manejo sostenible de la ganadería en Latinoamérica: Revisión sistemática 2018–2021*. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.969>

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2010). *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. FAO.
<https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>
- Stockholm Environment Institute. (2023). *Navigating a just energy transition from coal in the Colombian Caribbean* (SEI Working Paper). <https://doi.org/10.51414/sei2023.063>
- Trejo-Arista, L. K., Cortés-Díaz, E., Martínez-Hernández, P. A., & Huerta-Bravo, M. (2023). Sistemas silvopastoriles: Una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas ganaderas. *Pastos y Forrajes*, 46.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942023000100019&lng=es&tlng=es
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2022). *Plan indicativo de expansión de cobertura energética rural 2022–2032*. UPME.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PIECER_2022_2032.pdf
- Vargas-de la Mora, A. L. (2021). *¿Ganadería sustentable?: Análisis socio-ecológico y geográfico de sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas* [Tesis doctoral, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)]. Repositorio Institucional ECOSUR.
<http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2771>
- Vivas Quila, N. J., Gutiérrez Solís, J. F., & Morales Velasco, S. (2024). *Sistemas silvopastoriles para una ganadería ecoeficiente*. Editorial Universidad del Cauca.
<https://books.google.com.co/books?id=s4hYEQAQBAJ>
- Zapata Cadavid, Á., & Silva Tapasco, B. E. (2020). *Sistemas silvopastoriles: Aspectos teóricos y prácticos* (2.^a ed.). Editorial CIPAV.

