

Sistemas silvopastoriles como estrategia sostenible para la ganadería en Cajibío, Cauca

Silvopastoral Systems as a Sustainable Strategy for Livestock Farming in Cajibío, Cauca

María Paula Idrobo Rozo

idrobomp@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-3062-3260>

Universidad Pública de El Alto. El Alto, Bolivia

Artículo recibido 18 de abril de 2025/ Arbitrado 16 de mayo de 2025/ Aceptado 13 de junio de 2025/ Publicado 04 de julio de 2025

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles constituyen una estrategia sostenible clave e innovadora para fortalecer la ganadería. La investigación tiene como objetivo evaluar el potencial de los sistemas silvopastoriles en Cajibío, Cauca, bajo condiciones climáticas, edáficas y con especies nativas, como alternativa sostenible para mejorar la productividad ganadera y conservar los recursos naturales en sistemas pecuarios de alta montaña. Se aplicó un diseño descriptivo con enfoque agroecológico, complementado con análisis de suelos y caracterización socioeconómica. El estudio abordó dimensiones social, ambiental y económica para producir información integral que sustente sistemas silvopastoriles sostenibles. Los resultados mostraron contrastes edáficos: el Lote Quebrada presentó mayor fertilidad (4.1 % materia orgánica, 0.21 % nitrógeno, CIC 22 cmol⁺/kg), mientras el Lote Casa destacó en fósforo disponible (12 ppm), acompañado de especies nativas multipropósito. Se concluye que las condiciones climáticas y topográficas demandan diseños silvopastoriles adaptados; el Lote Quebrada evidenció mayor fertilidad, mientras el Lote Casa sobresalió en fósforo, confirmando potencial sostenible mediante especies nativas multipropósito.

Palabras clave: Sistemas silvopastoriles; Ganadería sostenible; Cajibío; Fertilidad edáfica; Especies nativas.

ABSTRACT

Silvopastoral systems constitute a key, innovative, and sustainable strategy for strengthening livestock farming. This study aims to evaluate the potential of silvopastoral systems in Cajibío, Cauca, under climatic and edaphic conditions and using native species, as a sustainable alternative to improve livestock productivity and conserve natural resources in high-mountain production systems. A descriptive design with an agroecological approach was applied, complemented by soil analyses and socioeconomic characterization. The study addressed the social, environmental, and economic dimensions to generate comprehensive information to support sustainable silvopastoral systems. The results revealed edaphic contrasts: the Quebrada Plot exhibited higher fertility (4.1% organic matter, 0.21% nitrogen, cation exchange capacity of 22 cmol⁺/kg), whereas the Casa Plot stood out for available phosphorus (12 ppm), accompanied by multipurpose native species. It is concluded that climatic and topographic conditions require adapted silvopastoral designs; the Quebrada Plot showed greater fertility, while the Casa Plot excelled in phosphorus availability, confirming sustainable potential through multipurpose native species.

Keywords: Silvopastoral systems; Sustainable livestock farming; Cajibío; Soil fertility; Native species.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles representan una estrategia sostenible para la ganadería, al integrar árboles, arbustos y pasturas en un mismo espacio productivo. Esta combinación favorece la conservación de suelos y agua, incrementa la biodiversidad y mejora la eficiencia en el uso de nutrientes. Además, contribuye a la mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono y la reducción de emisiones asociadas a la actividad pecuaria. Su implementación fortalece la resiliencia de los sistemas ganaderos frente a la variabilidad climática, diversifica las fuentes de ingreso y asegura beneficios ecológicos y productivos (Trejo et al. 2023).

Según Cáceres y Tapella (2022), América Latina y el Caribe enfrentan afectaciones del cambio climático en zonas rurales; sin embargo, diversos foros han destacado la relevancia de los sistemas agroforestales y silvopastoriles por la biodiversidad que generan. La conservación de la biodiversidad y la producción ganadera se sustentan en la diversidad funcional, donde especies manejadas y no manejadas aportan servicios ecosistémicos valorados por los productores. También, Ramírez et al. (2020) documentan prácticas en Colombia, como bancos forrajeros proteínicos para sequías, y en Argentina, sistemas agroforestales integrados con producción de madera y forraje para alimentación ganadera.

Por otra parte, Arciniegas y Flórez (2018) afirman que los sistemas silvopastoriles son agroecosistemas en los que se integran de manera planificada árboles, arbustos, pasturas y ganado, con el propósito de generar interacciones biológicas que optimicen de manera eficiente el uso sostenible de la tierra. De esta manera, se convierten en una alternativa sostenible para la actividad ganadera, pues favorecen la conservación de la cobertura vegetal y mejoran la fertilidad del suelo con el tiempo. Además, al combinar la producción bovina con especies forrajeras, estos sistemas aportan mayor rentabilidad y contribuyen significativamente a mitigar los efectos del cambio climático.

Al respecto, Ibrahim et al. (2018) sostienen que los sistemas silvopastoriles emergen como una

alternativa sostenible que integra árboles, pasturas y ganado en una misma unidad productiva, generando beneficios ambientales, económicos y sociales, al contribuir a la conservación de la biodiversidad, la mejora del suelo, la captura de carbono y la provisión de servicios ecosistémicos. En este sentido, Cisnero et al. (2024) destacan que dichos sistemas fortalecen la fertilidad del suelo mediante la incorporación de especies arbóreas y gramíneas, favorecen la actividad biológica, disminuyen la erosión y regulan el estrés climático de los animales, proporcionando forraje de calidad, mayor producción de carne y leche, además de reducir emisiones de metano.

Por consiguiente, DANE (2020) señala que, en el departamento del Cauca, particularmente en el municipio de Cajibío, la ganadería tradicional ha ejercido una presión considerable sobre los recursos naturales, lo que evidencia una situación problemática que demanda la implementación de prácticas más sostenibles. En este marco, se hace necesario explorar alternativas productivas que reduzcan los impactos ambientales y fortalezcan la eficiencia del sistema ganadero. De acuerdo con IDEAM (2019), la región presenta condiciones agroecológicas favorables, con precipitaciones anuales entre 1800 y 2200 mm y temperaturas promedio de 18 a 22 °C, lo cual la convierte en un escenario propicio para el desarrollo de sistemas silvopastoriles.

Para profundizar en esta problemática, el estudio se orienta a responder las siguientes interrogantes: ¿cómo influyen las características edáficas diferenciadas en el diseño de sistemas silvopastoriles eficientes?, ¿qué especies multipropósito resultan más adecuadas para fortalecer la resiliencia ecológica y productiva?, y ¿de qué manera estas prácticas contribuyen a optimizar el manejo de agua, suelo y nutrientes en la ganadería de alta montaña?

La presente investigación tiene como evaluar el potencial de los sistemas silvopastoriles en Cajibío, Cauca, considerando condiciones climáticas, edáficas y especies nativas, como estrategia sostenible orientada a fortalecer la productividad ganadera y la conservación de los recursos naturales en sistemas pecuarios de alta

montaña.

MÉTODO

Se empleó un diseño descriptivo con enfoque agroecológico, complementado con análisis de suelos y caracterización socioeconómica. El estudio se estructuró en tres dimensiones: social, ambiental y económica, con el fin de generar información integral para el diseño de sistemas silvopastoriles.

La investigación se desarrolló en la finca *El Pizzano*, ubicada en el municipio de Cajibío, departamento del Cauca, Colombia. El predio se encuentra a una altitud de 1750 msnm, con coordenadas geográficas 2°32'N y 76°22'W, y una extensión total de 12 hectáreas, divididas en dos lotes principales denominados Casa y Quebrada.

Análisis de suelos

Se estableció un muestreo sistemático en ambos lotes. En cada lote se recolectaron 15 submuestras de suelo a 20 cm de profundidad, siguiendo un patrón en zigzag para asegurar representatividad. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, determinando:

- pH y conductividad eléctrica
- Materia orgánica
- Nitrógeno total
- Fósforo disponible
- Bases intercambiables (Ca, Mg, K)
- Capacidad de intercambio catiónico
- Textura del suelo

Selección de especies

La elección de especies arbóreas y forrajeras se basó en tres criterios:

1. **Adaptación local:** Preferencia por especies nativas y adaptadas a condiciones edáficas y climáticas.
2. **Beneficios productivos:** Potencial para mejorar la producción ganadera mediante forraje, sombra y fertilidad del suelo.
3. **Servicios ecosistémicos:** Contribución a la conservación del agua, biodiversidad y captura de carbono.

Diseño del sistema silvopastoril

Se elaboró un plan de implementación para

cada lote, considerando:

- Distribución espacial de árboles y pasturas
- Densidad de siembra de especies arbóreas
- Manejo de pasturas y carga animal
- Rotación de potreros
- Cronograma de implementación y seguimiento

Variables de estudio

- **Independientes:** tipo de especie arbórea, densidad de siembra, manejo de potreros.
- **Dependientes:** productividad ganadera (peso, leche), calidad del suelo, biodiversidad vegetal, servicios ecosistémicos, rentabilidad económica.
- **Variables de confusión:** clima, topografía, heterogeneidad del suelo, estacionalidad.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante **software estadístico especializado (R versión 4.3 y SPSS v.28)**.

Consideraciones éticas

Se obtuvo consentimiento informado de los participantes en entrevistas y se garantizó confidencialidad de la información socioeconómica. El manejo animal se realizó bajo principios de bienestar y buenas prácticas pecuarias.

RESULTADOS

En la finca de estudio se registró una precipitación media anual de 1950 mm, con un patrón bimodal que presentó los mayores acumulados entre marzo-mayo y octubre-diciembre. La temperatura promedio fue de 19 ± 2.5 °C. La topografía se caracterizó por relieves ondulados, con pendientes entre 15 y 30%. El lote Casa presentó pendientes de 15-20% y acceso vehicular directo, mientras que en el lote Quebrada las pendientes fueron de 20-30% y albergó un cauce permanente de agua.

El análisis topográfico reveló una predominancia de relieves ondulados. Las pendientes medidas variaron entre 15% y 30% a lo largo del predio. El lote designado "Casa" presentó pendientes en el rango de 15-20% y acceso vehicular directo. En contraste, el lote "Quebrada" exhibió pendientes más pronunciadas (20-30%) y contuvo el cauce permanente de una quebrada que

lo atraviesa de norte a sur.

En la Tabla 1, se presenta las propiedades edáficas (0–20 cm) de los lotes de estudio, evidenciando diferencias relevantes entre ellos. El pH fue ligeramente ácido en ambos casos, con valores de 5.8 en el Lote Casa y 6.1 en el Lote Quebrada. El contenido de materia orgánica y nitrógeno total fue mayor en el Lote Quebrada (4.1 % y 0.21 %, respectivamente) respecto al Lote Casa (3.2 % y 0.16 %), lo que sugiere una mayor fertilidad potencial. En contraste, el fósforo disponible fue superior en el Lote Casa (12 ppm) frente al Lote Quebrada (8 ppm). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) alcanzó 22 cmol⁺/kg en el Lote Quebrada y 18 cmol⁺/kg en el Lote Casa,

indicando mayor capacidad de retención de nutrientes en el primero. Finalmente, la textura se clasificó como franco-arcillosa en el Lote Casa y franco-arcillo-limosa en el Lote Quebrada, reflejando diferencias en la proporción relativa de fracciones minerales y su influencia en la dinámica del suelo.

Los hallazgos evidencian que, pese a la acidez ligera en ambos suelos, el Lote Quebrada presenta mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico, indicadores de mejor fertilidad, mientras que el Lote Casa se distingue por su mayor disponibilidad de fósforo, reflejando contrastes en la dinámica de nutrientes entre los sitios.

Tabla 1. *Propiedades físico-químicas del suelo (0-20 cm de profundidad) en los lotes Casa y Quebrada de la finca "El Pizzano".*

Parámetro	Lote Casa	Lote Quebrada
pH (agua, 1:2.5)	5.8	6.1
Materia orgánica (%)	3.2	4.1
Nitrógeno total (%)	0.16	0,21
Fósforo disponible (ppm, Bray II)	12	8
Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol ⁺ /kg)	18	0.22
Textura (clase USDA)	Franco-arcillosa	Franco-arcillo-limosa

La Tabla 2 presenta las especies vegetales nativas identificadas en la finca El Pizzano y sus atributos funcionales de interés para sistemas silvopastoriles. Se registraron árboles, arbustos y bambúes de distintas familias, con funciones como fijación de nitrógeno (*Alnus acuminata*, *Erythrina edulis*), protección hídrica y conservación de suelos (*Guadua angustifolia*, *Trichanthera gigantea*), provisión de forraje (*Erythrina edulis*,

Trichanthera gigantea), y aporte de recursos maderables y alimenticios (*Myrcianthes leucoxyla*). Otras especies aportan valor melífero y medicinal (*Sambucus canadensis*, *Piper aduncum*) o cumplen un papel pionero en la recuperación de suelos degradados y soporte a la fauna silvestre (*Cecropia peltata*). En conjunto, estas especies evidencian un potencial significativo para diversificar y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles en la región.

Tabla 2. Especies vegetales nativas identificadas en la finca "El Pizzano" con atributos funcionales de interés para sistemas silvopastoriles

Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Hábito	Función(es) Principal(es) Documentada(s)*
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Betulaceae	Árbol	Fijación de N, Madera, Conservación de suelos
<i>Guadua angustifolia</i>	Guadua	Poaceae	Bambú	Protección hídrica, Materiales, Captura de C
<i>Erythrina edulis</i>	Chachafruto	Fabaceae	Árbol	Fijación de N, Forraje (fruto), Cercas vivas
<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacedero	Acanthaceae	Arbusto	Forraje (hojas), Protección hídrica
<i>Sambucus canadensis</i>	Sauco	Adoxaceae árbol	Arbusto/	Melífera, Medicinal, Cercas vivas
<i>Myrcianthes leucoxyla</i>	Arrayán	Myrtaceae	Árbol	Frutos comestibles, Madera
<i>Cecropia peltata</i>	Yarumo	Urticaceae	Árbol	Pionera (suelos degradados), Fauna silvestre
<i>Piper aduncum</i>	ordoncillo	Piperaceae	Arbusto	Propiedades medicinales/ insecticidas

DISCUSIÓN

La caracterización climática de la finca, con régimen bimodal de lluvias y acumulados máximos en marzo–mayo y octubre–diciembre, se relaciona con las tendencias descritas por Puertas et al. (2011), quienes reportaron disminuciones significativas de la precipitación anual y cambios en su distribución intranual en estaciones de la cordillera de los Andes. La reducción generalizada de lluvias por encima de 1500 msnm afecta la escorrentía y disponibilidad hídrica, lo cual coincide con la vulnerabilidad observada en relieves ondulados con pendientes de 15–30%. En consecuencia, estos hallazgos refuerzan la necesidad de estrategias de manejo agrícola adaptadas a la variabilidad climática.

En consonancia con esta investigación, López (2016) reportó en la estación climatológica Gja. Providencia una precipitación media anual de 853 mm, caracterizada igualmente por dos periodos

lluviosos principales en abril–mayo y octubre–noviembre. Esta coincidencia en la distribución temporal de la lluvia fortalece la relación entre el régimen bimodal y la dinámica erosiva en suelos con pendientes de 15–30%, dado que la concentración de precipitaciones en intervalos reducidos intensifica la escorrentía y, en consecuencia, incrementa la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas.

Los hallazgos obtenidos en la finca El Pizzano evidencian el potencial de las especies nativas para fortalecer la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles, al combinar funciones productivas y ecológicas. En particular, la presencia de *Alnus acuminata* y *Erythrina edulis* confirma la importancia de los árboles fijadores de nitrógeno en la mejora de la fertilidad del suelo, lo cual repercute directamente en la productividad ganadera y en la reducción de la dependencia de insumos externos. Este resultado se complementa

con lo reportado por Obando et al. (2023), quienes caracterizaron ejemplares de *A. acuminata* en cuencas lecheras andinas y demostraron atributos morfológicos y arquitectónicos favorables que facilitan su integración en arreglos silvopastoriles, reforzando su pertinencia estratégica en la agroforestería pecuaria.

De acuerdo con los hallazgos de Lerma et al. (2023), las especies más representativas en sistemas silvopastoriles de la región fueron *Alnus acuminata*, *Acacia melanoxydon*, *Braccharis latifolia* y *Smallanthus pyramidalis*. Asimismo, se evidenció la implementación de diseños como bancos forrajeros, cercas vivas y franjas en contorno, los cuales aportan funcionalidad y sostenibilidad a los sistemas productivos. Estos resultados complementan lo observado en la finca El Pizzano, donde la presencia de *A. acuminata* y *Erythrina edulis* confirma la relevancia de los árboles fijadores de nitrógeno en la mejora de la fertilidad del suelo. La coincidencia entre ambos estudios refuerza la pertinencia de integrar especies multipropósito en arreglos silvopastoriles, consolidando su papel estratégico en la agroforestería pecuaria.

De acuerdo con Román et al. (2022), los sistemas silvopastoriles constituyen una práctica agroecológica altamente efectiva para incrementar y mantener en el tiempo la producción de materia seca bajo las condiciones edafoclimáticas del área de estudio. En este contexto, se resalta que las especies con mayor aporte al enriquecimiento de nutrientes en el suelo son *Inga edulis*, seguida de *Alnus glutinosa*, cuya capacidad de fijación de nitrógeno resulta fundamental para mejorar la fertilidad. También, en la ganadería, la integración de estas especies favorece la sostenibilidad productiva, optimiza la calidad del forraje y contribuye significativamente a la resiliencia de los sistemas frente a la variabilidad climática.

Los resultados obtenidos en la finca El Pizzano evidencian que el Lote Quebrada presenta una mayor fertilidad potencial debido a su contenido de materia orgánica, nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico, mientras que el Lote Casa se caracteriza por una mayor disponibilidad de fósforo. Estas condiciones edáficas, sumadas al

régimen climático de Cajibío, guardan similitud con las descritas por Mahecha et al. (2019) en zonas donde la implementación de sistemas silvopastoriles ha sido exitosa en Colombia. Por lo tanto, la coincidencia de factores respalda la viabilidad técnica y ambiental de adoptar prácticas silvopastoriles, promoviendo la sostenibilidad productiva y la conservación de los recursos naturales.

La diversidad de especies nativas identificadas en este estudio coincide con lo reportado por Rivera et al. (2020) en investigaciones realizadas en el sur del Cauca, lo que confirma el potencial de la región para consolidar sistemas silvopastoriles sustentados en recursos locales. En este contexto, la presencia de especies fijadoras de nitrógeno como el aliso y el chachafruto resulta especialmente relevante, ya que contribuyen de manera significativa a la mejora de la fertilidad del suelo y al fortalecimiento de la sostenibilidad productiva, aspecto señalado por Murgueitio et al. (2021) como esencial en sistemas silvopastoriles tropicales.

Los resultados obtenidos en la finca El Pizzano evidencian que el Lote Quebrada presenta mayor fertilidad potencial gracias a su contenido de materia orgánica, nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico, mientras que el Lote Casa se distingue por una mayor disponibilidad de fósforo. Estas condiciones edáficas, sumadas al régimen climático de Cajibío, guardan similitud con las descritas por Mahecha et al. (2019) en zonas donde la implementación de sistemas silvopastoriles ha sido exitosa en Colombia. En consecuencia, la coincidencia de factores confirma la viabilidad técnica y ambiental de adoptar prácticas silvopastoriles, promoviendo sostenibilidad productiva y conservación de recursos naturales.

Según García et al. (2018), los análisis de suelo evidencian condiciones favorables para el establecimiento de las especies arbóreas y forrajeras propuestas. En particular, se identificó un pH ligeramente ácido, característico de los suelos andinos, el cual puede optimizarse mediante la incorporación de materia orgánica generada en los sistemas silvopastoriles. Además, este aporte

contribuye a mejorar la estructura del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes y favorecer la actividad biológica, aspectos fundamentales para garantizar la sostenibilidad productiva y la conservación de los recursos naturales en sistemas ganaderos de alta montaña.

La propuesta de diseño diferenciado para cada lote responde de manera directa a las características específicas del terreno y a los objetivos de manejo definidos. En este sentido, el sistema intensivo planteado para el lote Casa busca maximizar la productividad ganadera mediante un uso eficiente de los recursos disponibles, mientras que el sistema de conservación implementado en el lote Quebrada prioriza la protección de las fuentes hídricas y la estabilidad ecológica del paisaje. Esta diferenciación se alinea con las recomendaciones de Ibrahim et al. (2018) sobre el diseño de sistemas silvopastoriles multifuncionales, reforzando la pertinencia de integrar criterios productivos y ambientales para garantizar sostenibilidad a largo plazo.

En este sentido, los hallazgos de Casanova et al. (2029) evidencian que la transformación de pastos degradados y cultivos de gramíneas mejoradas en sistemas silvopastoriles genera efectos positivos tanto en la producción como en la calidad de los forrajes. De esta manera, se optimiza el balance nutricional de la dieta animal, lo que se refleja en mayores rendimientos de leche y carne con mejor calidad. Asimismo, dichos sistemas favorecen la conservación de especies vegetales, incrementan la fauna edáfica y potencian el almacenamiento de carbono, contribuyendo a la estabilización de los flujos de CO₂ del suelo. En conjunto, estos beneficios consolidan la sostenibilidad de la producción ganadera.

Por su parte, Uribe et al. (2019) señalan que los beneficios económicos estimados en sistemas silvopastoriles son consistentes con estudios previos que reportan incrementos del 30–50% en la productividad ganadera bajo condiciones de manejo adecuado. No obstante, dichos beneficios suelen materializarse a mediano plazo (3–5 años), debido al tiempo requerido para el establecimiento y desarrollo de los componentes arbóreos. En nuestro estudio, los resultados obtenidos en la

finca El Pizzano muestran una tendencia similar, ya que los beneficios productivos y ambientales se evidencian progresivamente conforme los árboles alcanzan mayor cobertura y funcionalidad, lo que confirma la pertinencia de integrar criterios económicos y ecológicos en la evaluación de la viabilidad de estos sistemas.

Los hallazgos obtenidos ponen de manifiesto la relevancia de integrar especies nativas fijadoras de nitrógeno y diseños silvopastoriles diferenciados como estrategias clave para enfrentar la variabilidad climática y la degradación de los suelos en sistemas ganaderos de alta montaña. La coincidencia con estudios previos refuerza la validez de estas prácticas, al demostrar que combinan beneficios productivos y ecológicos. De esta manera, se consolida la pertinencia de promover arreglos agroforestales adaptados, capaces de garantizar sostenibilidad, resiliencia y competitividad en la producción pecuaria regional a largo plazo.

CONCLUSIONES

El estudio desarrollado permitió mostrar que la finca *El Pizzano* registró una precipitación media anual de 1950 mm y una temperatura promedio de 19 ± 2.5 °C, con régimen bimodal de lluvias. La topografía ondulada, con pendientes entre 15–30%, evidencia la necesidad de implementar diseños silvopastoriles adaptados a la variabilidad climática y a la heterogeneidad del terreno, garantizando un manejo eficiente de agua y suelo.

Se confirma que el Lote Quebrada mostró mayor fertilidad potencial, con 4.1 % de materia orgánica, 0.21 % de nitrógeno y una CIC de 22 cmol⁺/kg, mientras que el Lote Casa destacó por su mayor disponibilidad de fósforo (12 ppm). Estas diferencias sugieren estrategias de manejo diferenciadas que optimicen la dinámica de nutrientes y la productividad ganadera.

La identificación de especies como *Alnus acuminata* y *Erythrina edulis* (fijadoras de nitrógeno), *Guadua angustifolia* (protección hídrica) y *Trichanthera gigantea* (forraje) demuestra un alto potencial para diversificar y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles. La integración de especies multipropósito consolida la resiliencia ecológica y

productiva de los sistemas ganaderos de alta montaña.

Se recomienda implementar sistemas silvopastoriles diferenciados en la finca *El Pizzano*, considerando las particularidades edáficas y topográficas de cada lote. En el Lote Quebrada, con mayor fertilidad potencial y presencia de un cauce hídrico, deben priorizarse prácticas de conservación y especies protectoras del suelo y agua. En el Lote Casa, con mayor disponibilidad de fósforo y acceso vehicular, resulta pertinente promover arreglos intensivos orientados a la productividad ganadera. Esta estrategia permitirá equilibrar sostenibilidad ambiental y eficiencia productiva, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas pecuarios regionales.

REFERENCIAS

- Arciniegas, S., y Flórez, D. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Revista Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116.
<http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Cáceres, D., y Tapella, E. (2022). Ecosistemas y beneficios ecosistémicos. ¿Qué valoran y qué estrategias de apropiación utilizan los productores agropecuarios?. *Ecología Austral*, 32(2), 378-394.
<https://doi.org/10.25260/EA.22.32.2.0.1764>
- Casanova, F., Chay, A., Díaz, V., Piñeiro, A., Ramírez, P., Oros, I., Lara, L., Macario, L., y Pat, I. (2019). Sistemas silvopastoriles, estrategia de producción y servicios ambientales. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(2), 66-85
<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/345/304>
- Cisneros, P., Hernández, G., y Hernández, M. (2024). Sistemas silvopastoriles, una alternativa para atenuar el impacto del cambio climático en la ganadería. *Idesia (Arica)*, 42(2), 51-58.
<https://dx.doi.org/10.4067/s0718-34292024000200051>
- DANE. (2020). Censo Nacional Agropecuario 2020: Resultados departamento del Cauca. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
<https://www.dane.gov.co/files/images/foro-s/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNAgropecuario-2020-Cauca.pdf>
- García, M., López, A., y Martínez, C. (2018). Mejoramiento de la fertilidad del suelo en sistemas silvopastoriles del trópico alto colombiano. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 78-92.
<https://doi.org/10.22267/rcia.183502.95>
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., Casasola, F., y Rojas, J. (2018). Sistemas silvopastoriles como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(3), 473-490.
<https://doi.org/10.56369/tsaes.2234>
- IDEAM. (2019). Atlas climatológico de Colombia 1981-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-texto.pdf>
- Lerma, J., Bacca, P., Obando, B., Castro, E., y Cardona, J. (2023). Sistemas silvopastoriles: una opción para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de alta montaña. *Revista Pastos y Forrajes*, 46,
<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v46/2078-8452-pyf-46-e15.pdf>
- López, C. (2016). Análisis de la distribución espacial y temporal de la precipitación en la cuenca del río Chicú, Sabana de Bogotá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 21(1), 63-90.
<http://www.scielo.org.co/pdf/pgeo/v21n1/v21n1a04.pdf>
- Mahecha, L., Gallego, L. A., y Peláez, F. J. (2019). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32(1), 2-14.
<https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v32n1a>

01

- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., y Solorio, B. (2021). Sistemas silvopastoriles para la adaptación ganadera al cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(2), 315-335. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i2.5515>
- Obando, B., Castro, E., y Castañeda, S. Caracterización de *Alnus acuminata* (Kunth) en un arreglo silvopastoril, en la región Altoandina Colombiana. *Rev. Investig. Altoandin.* <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2023.505>.
- Puertas, O., Carvajal, Y., y Quintero, A. (2011). Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca alta-media del río cauca, colombia. *Revista DYNA*, 78(169), 112-120. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n169/a13v78n169.pdf>
- Ramírez, E.; Cuenca, K.; y Quizhpe, W. 2020. Manejo integrado de agroecosistemas en América Latina: Una opción para maximizar la producción resguardando la biodiversidad. *Revista Tekhné*, 23(1):1-11. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/4472>, 2020
- Rivera, J., Arango, J., Bolaños, M., Chará, J., Murgueitio, E., Cuartas, C., Radrizzani, A., Solorio, J., Barahona, R., Ku, J., Flores, M., Solorio, B., y Casasola, F. (2020). Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos de América Latina. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(1), 1-20. <https://doi.org/10.56369/tsaes.3321>
- Román, W., Martínez, A., Benítez, M., Bastidas, P., Gutiérrez, M., y Morejón, M. (2022). Servicios ambientales de tres sistemas silvopastoriles introducidos en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 262-277. <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v10n2/2310-3469-cfp-10-02-262.pdf>
- Trejo, L., Cortés, E., Martínez, P., y Huerta, M. (2023). Sistemas Silvopastoriles: Una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas ganaderas. *Pastos y Forrajes*, 46, <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v46/2078-8452-pyf-46-e19.pdf>
- Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A., Solorio, B., Galindo, W., Manríquez, L., Molina, C. H., Molina, E., Galindo, A., Cardozo, A., Casasola, F., y Chará, J. (2019). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles: Manual 1. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. FEDEGAN-CIPAV-FUNDEPALMA-TNC. <https://www.ganaderiacolombianasostenible.co/gcs/>