

ANÁLISIS PRODUCTIVO Y AMBIENTAL DE DOS MODELOS DE GANADERIA  
SILVOPASTORIL, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EMBRAPA EN BRASIL Y HACIENDA  
SAN JOSE, COLOMBIA



CESAR AUGUSTO MESA RODRÍGUEZ  
JHORMAN JULIAN TORRES NIÑO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS  
VILLAVICENCIO

2024

ANÁLISIS PRODUCTIVO Y AMBIENTAL DE DOS MODELOS DE GANADERIA  
SILVOPASTORIL, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EMBRAPA EN BRASIL Y HACIENDA  
SAN JOSE, COLOMBIA

CESAR AUGUSTO MESA RODRÍGUEZ  
JHORMAN JULIAN TORRES NIÑO

Monografía del seminario internacional de profundización (sistematización de experiencias)  
como requisito para optar al título de Administrador de Empresas Agropecuarias

Asesor

Mg. AMABLE JOSÉ PERÉZ

Magister Scientiarum en Ciencias Administrativas

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS  
VILLAVICENCIO

2024

**Autoridades Académicas**

**P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.**

Rector General

**P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.**

Vicerrector Académico General

**P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.**

Rector Seccional Villavicencio

**P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.**

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

**P. Kimmeln Noarli Cardenal Casas, O.P.**

Decano de División de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables

**Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN**

Secretaria General Seccional Villavicencio

**Mg. Mario Fernando Prieto Delgadillo**

Decano Facultad Administración de Empresas Agropecuarias

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen .....	8
Abstract .....	9
Prólogo .....	10
Introducción .....	12
Objetivos .....	13
Objetivo general .....	13
Objetivos específicos .....	13
1. Implementación del sistema silvopastoril en Colombia y Brasil .....	14
1.1 Sistema silvopastoril intensivo .....	14
1.1.1 Sistema silvopastoril intensivo con leucaena.....	14
1.1.2 Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro.....	16
1.2 Sistema silvopastoril extensivo .....	17
1.2.1 Beneficios del sistema silvopastoril extensivo .....	18
1.2.2 Implementación del sistema silvopastoril extensivo.....	18
1.3 Componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles .....	20
1.3.1 Cerca viva .....	20
1.3.2 Cortina rompeviento .....	21
1.3.3 Arboles dispersos .....	22
1.3.4 Bancos f orrajeros como factor de implementación en la ganadería silvopastoril.....	22
1.4 Beneficios de los sistemas silvopastoriles .....	23
1.5 Aspectos Desfavorables de los Sistemas Silvopastoriles .....	25
1.6 Ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia, con enfoque en EMBRAPA y Hacienda San José .....	26
1.7 Comparación de Enfoques y Avances en Ganadería Silvopastoril entre Brasil y Colombia .....	28

2. Productividad y Factores Ambientales en Ganadería Silvopastoril: EMBRAPA y Hacienda San José.....	31
2.1 Factores ambientales en EMBRAPA y Hacienda San José .....	31
2.2 Factores de productividad en EMBRAPA y Hacienda San José .....	33
3. Comparativa de los factores productivos y ambientales, entre EMBRAPA y Hacienda San José.....	35
4. Ventajas y desventajas de los dos modelos de ganadería silvopastoril en EMBRAPA y Hacienda San José.....	37
4.1 Ventajas y desventajas de EMBRAPA.....	37
4.1.1 Ventajas.....	38
4.1.2 Desventajas .....	38
4.2 Ventajas y desventajas de la Hacienda San José.....	38
4.2.1 Ventajas.....	39
4.2.2 Desventajas .....	39
5. Comparación de cifras de producción generadas con la ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia.....	40
Conclusiones .....	41
Referencias bibliográficas .....	43

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Comparación entre la Hacienda San José y EMBRAPA en factores ambientales .....	35
<b>Tabla 2</b> Comparación de la productividad entre la Hacienda San José y EMBRAPA .....	36
<b>Tabla 3</b> Comparación de Ventajas, Desventajas y Similitudes entre EMBRAPA y Hacienda San José.....	37
<b>Tabla 4</b> Comparativa de Productividad de Leche y Aumento de Peso en Sistemas Silvopastoriles .....	40

### Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Definición de las diferentes variantes de un sistema agroforestal (SAF).....	18
<b>Figura 2</b> Áreas establecidas para la evaluación de SSP en densidades de siembra, edades de corte y franjas de pastoreo .....	19
<b>Figura 3</b> Vida útil más larga que las vallas muertas, lo que se traduce en un menor coste de instalación y mantenimiento. ....	20
<b>Figura 4</b> Rodales de árboles o arbustos que están espaciados a diferentes alturas para crear una barrera que mira en la dirección del viento.....	21
<b>Figura 5</b> Protección de fuente de agua con SSP en lotes de ganadería.....	24
<b>Figura 6</b> Material educativo esquema de un sistema silvopastoril. ....	27

## Resumen

La producción de ganadería bovina, tanto en Colombia como en Brasil, hasta el momento ha demostrado ser un factor económico muy rentable dentro de la sociedad, teniendo como objetivo mitigar factores que incrementan el precio de la crianza, elevando con esto su productividad. Según un informe de la FAO, *The State of the World's Forests* (2020), la ganadería bovina en América Latina, especialmente en Brasil, ha mostrado un crecimiento significativo en productividad debido a innovaciones tecnológicas y mejoras en la gestión de los recursos (FAO, 2020).

En el presente estudio, se analiza como la implementación de sistemas silvopastoriles en el sector ganadero es un factor importante de desarrollo y optimización de recursos agrícolas, ocasionando una gran relevancia en la economía de Colombia, dicho esto, es importante analizar y potenciar alternativas mediante las cuales se pueda fortalecer dichos sectores económicos, por lo mencionado, se entrará a determinar los factores relevantes y de implicación directa respecto a la implementación de estos sistemas en la práctica ganadera, y trayendo a colisión la mitología ejecutada por Brasil con circunstancias climáticas y demográficas similares a la nuestra, con el fin de estudiar la viabilidad de la implementación del mismo.

**Palabras Clave:** Ganadería silvopastoril, Ecosistemas, Bienestar animal, Prácticas agropecuarias, Economía Agropecuaria.

### **Abstract**

Cattle farming, both in Colombia and Brazil, has so far proven to be a very profitable economic factor within society, aiming to mitigate factors that increase the cost of breeding, thereby increasing its productivity. According to a FAO report, The State of the World's Forests (2020), cattle farming in Latin America, especially in Brazil, has shown significant growth in productivity due to technological innovations and improvements in resource management (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2020).

In the present study, it is analyzed how the implementation of silvopastoral systems in the livestock sector is an important factor in the development and optimization of agricultural resources, causing great relevance in the economy of Colombia, that being said, it is important to analyze and promote alternatives through which these economic sectors can be strengthened, therefore, we will begin to determine the relevant factors and of direct implication regarding the implementation of these systems in livestock practice, and colliding the mythology executed by Brazil with climatic and demographic circumstances similar to ours, in order to study the feasibility of its implementation.

**Key words:** Silvopastoral livestock, Ecosystems, Animal welfare, Agricultural Practices, Agricultural Economy.

## Prólogo

En la vasta geografía colombiana, donde la ganadería es un pilar económico y cultural, una nueva era de prácticas sostenibles se abre paso. La ganadería silvopastoril, un enfoque innovador que armoniza los árboles, los pastos y el ganado, prometiéndole transformar el panorama agropecuario del país. Este esfuerzo conjunto, fruto de la colaboración entre la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio y la Universidad de São Paulo (USP) en Brasil, siembra las semillas de un futuro más próspero.

Inspirados por las exitosas experiencias de Brasil, un país con similitudes climáticas y geográficas, Colombia se embarca en un viaje de adaptación y aprendizaje. La VI Escuela Internacional de la Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias de la Universidad Santo Tomás, desarrollada en el Luiz de Queiroz College of Agriculture de la USP, abrió las puertas a un intercambio enriquecedor de conocimientos y prácticas en temas fundamentales como modelos agrícolas, cambio climático, tecnología e innovación en agronegocios, y gestión de la producción y calidad de leche, entre otros.

La ganadería silvopastoril no solo ofrece una solución para abordar los desafíos ambientales, sino que también siembra la semilla de la prosperidad y la resiliencia para las comunidades rurales. Al integrar los árboles en los sistemas de producción ganadera, se crea un entorno armonioso donde la productividad agrícola y ganadera se elevan a nuevas alturas, sin comprometer la sostenibilidad a largo plazo (Nair, 2012).

Los beneficios de este enfoque son múltiples y duraderos. Al capturar carbono y reducir la erosión del suelo, los sistemas silvopastoriles contribuirán a mitigar los efectos del cambio climático y preservar la fertilidad de la tierra. Además, al proporcionar sombra y forraje adicional, naturales (Ledo, Corbeels, & Vagen, 2017).

Más allá de sus ventajas ambientales, la ganadería silvopastoril ofrece nuevas oportunidades de desarrollo rural inclusivo. Las comunidades locales pueden diversificar sus ingresos y mejorar su calidad de vida al incorporar prácticas agroforestales en sus fincas ganaderas. Las lecciones aprendidas en Brasil, donde estos sistemas han florecido con éxito, brindan una guía invaluable para adaptar y contextualizar estas prácticas en el entorno colombiano.

El camino hacia una ganadería más sostenible en Colombia es un esfuerzo colectivo que requiere la participación activa de todos los actores involucrados. Desde los productores hasta los

investigadores, pasando por las instituciones educativas y los organismos gubernamentales, cada uno tiene un papel clave que desempeñar. A través de la colaboración, la innovación y la adopción de mejores prácticas, Colombia puede construir un futuro donde la producción agropecuaria y la preservación ambiental caminen de la mano, asegurando un legado duradero para las generaciones venideras.

Esta transformación en el sector ganadero colombiano no solo tendrá un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también impulsará el desarrollo económico y social de las comunidades rurales. Al adoptar prácticas sostenibles, los productores podrán acceder a nuevos mercados y aumentar su competitividad, mientras que las comunidades locales disfrutarán de una mejor calidad de vida y un entorno más saludable.

## Introducción

La ganadería silvopastoril ha emergido como una estrategia innovadora y sostenible en la producción agropecuaria de países como Brasil y Colombia. Este enfoque integra árboles, pasturas y animales en un sistema productivo que busca optimizar el uso de la tierra, mejorar la productividad ganadera y promover la sostenibilidad ambiental. En este estudio, se analiza la implementación y los impactos de la ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia, considerando sus similitudes, diferencias y avances en términos de prácticas de manejo, beneficios ambientales y socioeconómicos.

"En Colombia y Brasil, la ganadería silvopastoril se ha consolidado como una alternativa relevante en la producción agropecuaria, buscando armonizar la actividad ganadera con la conservación del medio ambiente y el desarrollo rural. Este sistema agroforestal integra árboles con pasturas y ganado, generando sinergias que promueven la salud del suelo, la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas productivos frente a los desafíos ambientales y climáticos. Según la FAO, los sistemas agroforestales como el silvopastoril ofrecen múltiples beneficios ecológicos y económicos, convirtiéndose en una estrategia cada vez más valorada en la región. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2023)

En este contexto, se propone un análisis ambiental de la implementación de la ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia, explorando tanto las prácticas tradicionales como los enfoques innovadores, como los sistemas intensivos con especies como la leucaena o el botón de oro, y los sistemas extensivos que buscan una menor densidad arbórea. Además, se examinan los beneficios tecnológicos que han contribuido a su desarrollo y expansión.

EMBRAPA, la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria, ha liderado el desarrollo de sistemas silvopastoriles en Brasil desde la década de 1980, promoviendo la integración de árboles en pasturas para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad. En Colombia, la Hacienda San José, establecida en 2014, se ha destacado en la producción de carne bovina con la raza Nelore Ciclo Corto, combinando prácticas sostenibles y tecnología avanzada para optimizar la productividad y el bienestar animal en los Llanos Orientales. Ambos casos ejemplifican enfoques innovadores en la ganadería que equilibran la productividad con la sostenibilidad ambiental.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar el manejo productivo de dos modelos de ganadería Silvopastoril en Brasil y Colombia.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar las prácticas del modelo de producción de ganadería silvopastoril que se implementan en el Centro de Investigación Embrapa, en Brasil.
- Comparar las practicas del modelo de ganadería silvopastoril que se implementan en el Centro de Investigación Embrapa en Brasil con el modelo de producción de la Hacienda San José, primavera, Vichada.
- Determinar las ventajas y desventajas de los dos modelos de ganadería silvopastoril.

## **1. Implementación del sistema silvopastoril en Colombia y Brasil**

La implementación del sistema silvopastoril presenta diversas formas adaptadas a las condiciones específicas de cada región, tanto en Colombia como en Brasil. Estas adaptaciones son producto de un entendimiento profundo de las necesidades del entorno y de los ganaderos locales. En ambos países, se han desarrollado metodologías que aprovechan los recursos naturales disponibles para optimizar la producción ganadera y conservar el medio ambiente. A continuación, se presentarán algunas de estas estrategias implementadas con éxito en ambas naciones, ilustrando su aplicabilidad y efectividad en el contexto de la ganadería sostenible.

### **1.1 Sistema silvopastoril intensivo**

Un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es una forma avanzada de manejo de tierras que combina la producción ganadera con la plantación estratégica de árboles y pastos en una misma área. En este sistema, se busca optimizar el uso del espacio y los recursos, maximizando la producción de alimentos tanto para el ganado como para el hombre, al tiempo que se promueve la conservación del suelo y la biodiversidad. Los árboles no solo proporcionan sombra y refugio para el ganado, sino que también pueden tener múltiples funciones, como la fijación de nitrógeno en el suelo, la producción de forraje o frutos, y la protección contra la erosión del suelo. Además, los pastos se manejan de manera intensiva para garantizar un suministro constante de alimento de alta calidad para el ganado. Los SSPi son especialmente populares en regiones tropicales y subtropicales, donde pueden contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y al desarrollo rural. (Contexto ganadero, 2013)

#### ***1.1.1 Sistema silvopastoril intensivo con leucaena***

El Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) con leucaena, es una estrategia de manejo del pastoreo en la cual se integran pastizales con árboles de leucaena plantados en densidades muy altas, superiores a 10,000 sitios por hectárea. En estos sistemas, el ganado se alimenta tanto de los pastos como del follaje de la leucaena. Aunque la leucaena puede llegar a crecer entre 12 y 15 metros de altura, en este sistema se controla su altura a aproximadamente 2 metros mediante el

consumo de follaje por parte del ganado y, en ocasiones, mediante podas selectivas. (Murgueitio et al, 2020)

Este enfoque permite una producción ganadera altamente intensiva, donde se maximiza el uso del espacio y los recursos disponibles. Además, al integrar la leucaena en el sistema, se promueve la conservación y mejora de la fertilidad del suelo de manera natural, reduciendo o eliminando la necesidad de utilizar productos químicos. De esta manera, el (SSPi) con leucaena representa una forma sostenible y eficiente de producir carne y mejorar la salud del suelo, beneficiando tanto a los productores como al medio ambiente.

El éxito del (SSPi) que incorpora la Leucaena depende de la capacidad de esta planta para prosperar en el suelo en el que se quiera implementar

- **En Colombia:** La Leucaena, una planta notablemente adaptable, ha encontrado su lugar en los variados paisajes colombianos, su presencia en sistemas silvopastoriles intensivos y otras prácticas agrícolas resalta su importancia como un recurso valioso tanto para la ganadería como para la mejora de la salud del suelo. En Colombia ha sido plantado desde el nivel del mar hasta alrededor de los 1400 metros de altura; a estas alturas siempre y cuando haya una muy buena radiación solar - la leucaena es “amante” del sol. (Zapata Cadavid, Silva Tapasco, 2020)
- **En Brasil:** de hecho, Brasil es uno de los países donde la Leucaena se cultiva ampliamente, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales del país. Se utiliza principalmente como forraje para el ganado debido a su alto contenido de proteínas y su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo. Se observó que la leucaena desempeña un papel crucial en la sostenibilidad y productividad del sistema, a medida que el tiempo de explotación del sistema aumenta, la leucaena contribuye significativamente al incremento de la diversidad biológica, tanto en términos de artrópodos como de macrofauna del suelo. Aunque la poda de la leucaena es una práctica necesaria para mantener su biomasa y disponibilidad como forraje, también puede afectar temporalmente la biodiversidad asociada. En general, la leucaena mejora la calidad del suelo y proporciona sombra y forraje valioso para el ganado, facilitando un equilibrio entre la producción animal y la conservación ambiental en el sistema silvopastoril. (Alonso Lazo et al, 2007)

### ***1.1.2 Sistema silvopastoril intensivo con botón de oro***

La planta del botoncillo de oro, una especie resistente y vigorosa, ha colonizado extensas áreas en regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Gracias a su capacidad para soportar el pastoreo, puede ser integrada en potreros con alta densidad de siembra, en asociación con pastizales, dando lugar a lo que se conoce como Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) con botoncillo de oro. Este sistema promueve una ganadería sostenible al mejorar la alimentación del ganado, prevenir la erosión del suelo, servir como barrera contra el viento y crear un entorno propicio para la biodiversidad. Además, contribuye al control biológico de plagas en los pastos y en el ganado, lo que impulsa un equilibrio natural en el ecosistema ganadero.

En los sistemas de pastoreo el botón de oro se establece en franjas o hileras con una distancia entre franjas de 2 a 4 metros; las distancias menores (2 a 2,5 metros) se utilizan en climas cálidos de mayor radiación solar y las distancias mayores (3 a 4 metros) en climas medios y fríos. Aunque el botón de oro se puede propagar por semilla sexual, hasta el momento el método más común de propagación ha sido por medio de estacas. Se utilizan estacas de 25 a 40 cm de longitud, de alrededor de 1,5 a 2,5 cm de diámetro, que no sean ni muy tiernas ni muy leñosas (lignificadas). (Zapata Cadavid, Silva Tapasco, 2020)

- **En Colombia:** Particularmente en la región andina, es común encontrar la planta del botón de oro con sus vibrantes flores amarillas a lo largo de las carreteras, senderos y cursos de agua. Su presencia en el paisaje colombiano es indicativa de su capacidad para adaptarse y prosperar en una variedad de condiciones climáticas y tipos de suelo en el país. El botón de oro (*Tithonia diversifolia*) se presenta como una alternativa destacada al maíz para la producción de ensilaje en Colombia, ofreciendo ventajas notables en términos de rendimiento y costo, con una cosecha más rápida y menor inversión inicial. Su alto contenido en materia seca y proteínas mejora la calidad nutricional del forraje, contribuyendo al aumento del peso de los bovinos y a la mejorada la leche. Además, su capacidad para adaptarse a condiciones adversas y su bajo impacto ambiental lo convierten en una opción sostenible y rentable, lo que podría transformar positivamente la producción ganadera en el país. (Peñaloza Acosta, 2023)
- **En Brasil:** Al igual que en Colombia, en Brasil es común observar el botón de oro con sus llamativas flores amarillas a lo largo de las carreteras, caminos y cursos de

agua. Esta especie tiene una capacidad notable para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, lo que la hace una presencia común en varios países de América Latina, incluyendo Brasil.

## 1.2 Sistema silvopastoril extensivo

El sistema silvopastoril extensivo (SSPe), es una práctica agroforestal que fusiona la producción de pastos con la gestión de árboles en una misma área, pero con una menor densidad de árboles y una gestión menos exigente que los sistemas silvopastoriles intensivos. En el (SSPe), los árboles se distribuyen de manera más dispersa en comparación con los sistemas intensivos, lo que permite una mayor presencia de pastos y reduce la interferencia entre ellos. Este enfoque resulta especialmente adecuado para áreas donde se busca mantener la productividad ganadera mientras se integran gradualmente los árboles en el paisaje, tiene las siguientes características:

- **Densidad de árboles:** En comparación con los sistemas intensivos, en el (SSPe) se establece una menor cantidad de árboles por unidad de superficie. Esta menor densidad permite que los pastos tengan un espacio más amplio para su desarrollo y producción. Teniendo en cuenta que en la manera tradicional de calcular la densidad de plantación es determinando el área en metros cuadrados utilizado por cada árbol y dividiendo 10.000 m<sup>2</sup>/ha por dicho valor. El área ocupada por cada árbol es el resultado de multiplicar la distancia entre hileras por la distancia entre plantas. En estos sistemas, la configuración de plantación, que a menudo incluye varias hileras separadas por callejones amplios, debe considerar tanto el crecimiento de los árboles como el espacio necesario para el pastoreo. Al calcular la densidad de plantación, se tiene en cuenta el área ocupada por cada árbol, teniendo en cuenta la distancia entre hileras, entre plantas y el ancho de los callejones. Este enfoque permite ajustar la densidad de los árboles de manera que se maximice la producción de madera y se mantenga un espacio adecuado para el ganado, optimizando así el uso del suelo y los beneficios del sistema silvopastoril. (Esquivel, 2019)
- **Gestión menos intensiva:** Aunque los árboles siguen siendo parte integral del sistema, el manejo requerido en el (SSPe) tiende a ser menos intensivo que en los sistemas silvopastoriles intensivos. Esto puede implicar menos necesidad de poda, riego o

fertilización de los árboles, en comparación con sistemas más densos.

### 1.2.1 Beneficios del sistema silvopastoril extensivo

- Los árboles en este sistema, ayudan a prevenir la erosión del suelo al mantenerlo en su lugar con sus raíces, y también contribuyen a la infiltración del agua, reduciendo así el riesgo de escorrentía y pérdida de suelo.
- La combinación de árboles y pastos en el (SSPe), puede mejorar la resiliencia del sistema agrícola frente a eventos climáticos extremos, como sequías o inundaciones, al proporcionar una mayor estabilidad en el sistema.
- Al igual que en otros sistemas agroforestales, los árboles en el (SSPe) pueden ayudar a mitigar el cambio climático al absorber dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera y almacenarlo en su biomasa.

### 1.2.2 Implementación del sistema silvopastoril extensivo

**Figura 1** Definición de las diferentes variantes de un sistema agroforestal (SAF).



*Nota.* Imagen de la cartilla Sistemas Silvopastoriles una alternativa sostenible para nuestra finca en el trópico alto (por publicar Centro de Investigación Obonuco 2021). Adaptado de (Agrosavia, 2021)

- **Selección de especies:** Es crucial seleccionar especies de árboles y pastos que sean compatibles entre sí y adecuadas para las condiciones locales de suelo y clima. Para seleccionar árboles para un banco de proteína en sistemas silvopastoriles, es crucial elegir

especies cuyas hojas tengan un contenido de proteína cruda significativamente más alto que el de los pastos predominantes en la finca. Si los pastos, como la Estrella Africana o *Brachiaria*, tienen entre 8% y 14% de proteína, el árbol seleccionado debe ofrecer al menos 16% de proteína cruda en sus hojas. Además, es importante considerar la adaptación de los árboles al clima y suelo local, su capacidad de producción de biomasa, y su resistencia a plagas y enfermedades para garantizar una fuente eficaz de proteína para el ganado. (Ministerio de Agricultura de la República Dominicana, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2016)

- **Diseño espacial:** El diseño adecuado de la distribución espacial de árboles y pastos en el terreno puede maximizar los beneficios del (SSPe), asegurando una cobertura uniforme y minimizando la competencia entre componentes.

**Figura 2** Áreas establecidas para la evaluación de SSP en densidades de siembra, edades de corte y franjas de pastoreo



*Nota.* Adaptado de (Agrosavia, 2021)

- **Manejo integrado:** Se deben establecer prácticas de manejo que promuevan la interacción beneficiosa entre los árboles y los pastos, como el manejo del pastoreo rotativo que permite el acceso controlado del ganado a diferentes áreas del terreno en diferentes momentos.

El sistema silvopastoril extensivo, ofrece una serie de beneficios ambientales, económicos y sociales al combinar la producción ganadera con la gestión forestal de manera menos intensiva que los sistemas intensivos, lo que lo hace una opción atractiva para áreas donde se busca conservar la productividad agrícola y forestal al mismo tiempo.

### 1.3 Componente arbóreo de los sistemas silvopastoriles

El componente arbóreo en los sistemas silvopastoriles es fundamental para su funcionamiento y los beneficios que proporcionan. Aquí hay una descripción de algunos aspectos clave del componente arbóreo en estos sistemas:

#### 1.3.1 Cerca viva

Una cerca viva son árboles o arbustos vivos que forman una barrera con cierta delimitación a potreros o propiedades aledañas, la mayoría refuerza en sistema implementando alambre entre los mismos árboles para una mejor resistencia. La implementación de estas cercas vivas dentro de los terrenos tiene como uno de sus objetivos principales evitar la tala masiva de árboles. Además de ello, este sistema genera el enriquecimiento y cuidado continuo del suelo, ayudando así a no tener pérdidas económicas para un futuro por parte del deterioro. Tal y como se observa en la Figura 3, podemos encontrar una cerca viva.

**Figura 3** *Vida útil más larga que las vallas muertas, lo que se traduce en un menor coste de instalación y mantenimiento.*



Nota. Adaptado de (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2010)

En Brasil, el sistema silvopastoril también se maneja con eucalipto, como se mencionó (Omar y Laercio, 1999), el eucalipto es una especie adaptada a las prácticas silvopastoriles gracias a su dosel angosto, que permite que una cantidad razonable de luz directa o difusa penetre en el suelo. , generando el crecimiento de plantas forrajeras. Sin mencionar que el espacio debe ser

adecuado para brindar sombra a los animales.

En términos generales, las cercas vivas referente al factor económico poseen un porcentaje del 13% de rentabilidad y duran mucho más que las cercas muertas, lo que supone un importante ahorro financiero a medio plazo. Las cercas vivas producen alimento para los animales. Proporcionan frutas que se pueden comer en la finca o vender en el mercado, así como productos de madera como madera, postes y leña, generando así una obtención de beneficios saludables y económicos también para el campesino. (Villanueva et al, 2011)

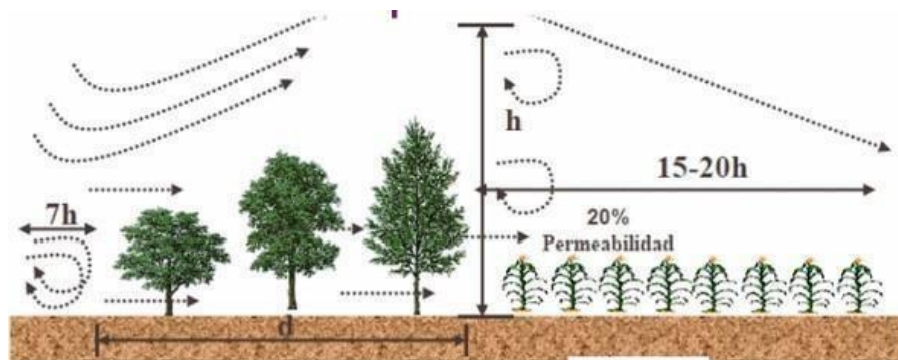
### 1.3.2 Cortina rompeviento

Esta es una más de las alternativas que se pueden implementar para la buena administración de prácticas silvopastoriles, por ello son utilizadas por los agricultores con fines productivos y de cuidado ambiental, sin embargo, es bueno contar con manejo adecuado y óptimo del terreno donde se desea colocar las cortinas, para así asegurar la supervivencia y el buen desarrollo de las plantas, ayudando también a prevenir posibles desastres por parte de fuertes vientos que se lleguen a presentar. (Palomeque, Figueroa 2009),

Sin embargo, es importante tener en cuenta que este tipo Sistema Silvopastoril debe implementarse de una manera adecuada, por lo general hay zonas que cuentan con diversos postes de electricidad los cuales por prevención a la vida humana no deben estar cerca de árboles que interfieran su funcionalidad.

Tal y como se observa en la Figura 4, podemos encontrar cómo actúan las cortinas rompevientos.

**Figura 4** Rodales de árboles o arbustos que están espaciados a diferentes alturas para crear una barrera que mira en la dirección del viento.



Nota. Adaptado de (Sagarpa, 2019)

Las cortinas rompevientos ayudan a reducir la velocidad del viento, dar sombra al ganado, disminuir la desecación de los pastos y detener la erosión eólica de los suelos; su finalidad es agronómica ya que tiene un papel ecológico importante en el sentido que proporcionan recursos y mejora el hábitat con base al cuidado de los animales y plantas que rodean el área (Ibrahim et al, 2001)

Enfocando dicho estudio en el sector ganadero, podemos notar que la implementación de este sistema cortaviento ayuda a disminuir el estrés de las plantas y promueve el aumento de la producción por el hecho de disponer con un de humedad que beneficia el ciclo vegetativo, aportando frutos más nutritivos para los bovinos.

### ***1.3.3 Árboles dispersos***

Este sistema en los potreros puede ocurrir de manera natural, ya que es una característica imprescindible de la naturaleza, pero también darse la intervención de ayuda por parte del ente humano, lo que genera que las forrajeras herbáceas (pastos y leguminosas) tengan que buscar la manera de adaptarse a dicha condición, ahorrando dinero al campesino y proporcionando alimento a los animales de manera constante en todo lugar, “sin olvidar que esto depende del tamaño del terreno para así mismo saber la cantidad de árboles dispersos con los que se podrá contar y llevar control adecuado de ingreso de animales en cada potrero” (Libreros Jaramillo, 2015).

Para eliminar o reducir la población de plantas y promover el desarrollo saludable de los pastos y al mismo tiempo prevenir la competencia por la luz y los nutrientes entre los pastos, es necesario cortar la vegetación necesaria seleccionando la opción de utilizar especies ya presentes en los pastos, (Sotelo, 2017).

### ***1.3.4 Bancos forrajeros como factor de implementación en la ganadería silvopastoril***

La utilización de los bancos forrajeros es una alternativa que tiene como objetivo producir altos volúmenes de biomasa, como una estrategia para disponer de forrajes ricos en nutrientes y, de esta manera, reducir los costos de producción derivados de la compra de suplementos o alimentos balanceados comerciales, (Guillermo, 2015).

Los bancos forrajeros son una alternativa diversificada de construir valor, ya que suplen la

necesidad de la alimentación de los animales en los tiempos de baja producción de alimento debido a los cambios en diversas regiones, por ello se considera una estrategia adecuada para el mantenimiento de los bovinos y apoyo de los agricultores.

Los agricultores tienen muy claro que los bancos forrajeros se pueden diferenciar según sus características nutricionales en proteicos y energéticos, se denomina bancos proteicos cuando la especie establecida contiene más del 14% de proteína como la cratylia o veranera, botón de oro o tithonia, leucaena, guácimo, matarratón, morera, entre otros y bancos energéticos son aquellos donde la especie establecida proporciona altos niveles de energía o azúcares como la caña de azúcar y gramíneas de corte del género, (Guillermo et al. 2015).

Esta es la mejor alternativa para generar grandes cantidades de biomasa y para disponer de forrajes ricos en nutrientes, de esta manera reducir los costos de producción asociados a la compra de suplementos comerciales.

La ubicación de áreas para bancos de forraje requiere consideración especial. Para reducir el número de animales, el tiempo y el gasto de transportarlos al lugar de suministro, se recomienda colocarlos para su uso bajo corte cerca de los lugares donde se alimentará el ganado o cerca de la infraestructura habilitada para el manejo diario. Alimentación del ganado (Guillermo, 2015).

#### **1.4 Beneficios de los sistemas silvopastoriles**

Los sistemas silvopastoriles representan una gama diversa de opciones y oportunidades, donde varias especies de árboles pueden desempeñar roles fundamentales, adaptándose a las condiciones climáticas y del suelo de cada región.

Dentro de estos sistemas, se puede integrar una sola especie arbórea o una combinación de diversas especies, cada una con características y atributos distintos. Estos árboles pueden cumplir diferentes funciones, desde conservar y mejorar la fertilidad del suelo, hasta proveer madera, leña, carbón, embellecimiento paisajístico, frutos, néctar para la apicultura e incluso ser consumidos directamente por el ganado, como en el caso de sistemas intensivos como el leucaena-pastos o el botón de oro-pastos.

Los sistemas silvopastoriles capturan CO<sub>2</sub> en la biomasa arbórea, ayudando a reducir la concentración de gases de efecto invernadero y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Además, ayudan a restaurar la fertilidad y estructura del suelo en áreas afectadas

por, ganadería extensiva y deforestación, recuperando tierras erosionadas o deterioradas. (Russo, 2015)

Los sistemas silvopastoriles (SSP) ofrecen múltiples beneficios al integrar la producción de alimentos de origen animal y vegetal, al mismo tiempo que aplican principios agroecológicos. Estos sistemas mejoran la regulación y calidad del agua, conservan la biodiversidad, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), rehabilitan suelos degradados y promueven el bienestar animal. Además, optimizan la productividad y rentabilidad de las explotaciones agrícolas, haciendo de los SSP una opción valiosa para la investigación y aplicación en prácticas agropecuarias sostenibles.

**Figura 5** Protección de fuente de agua con SSP en lotes de ganadería.



*Nota.* (Fotografía Edwin Castro). Adaptado de (Agrosavia, 2021)

La integración de árboles, pasturas y ganado en los SSP mejora el rendimiento del sistema agrícola, optimizando el uso del suelo y aumentando la producción. Los árboles proporcionan sombra, reduciendo el estrés calórico en los animales y mejorando su bienestar y productividad al disminuir la necesidad de energía para mantener la temperatura corporal. (Russo, 2015)

Muchas especies de árboles cumplen una función adicional en la conservación e incremento de la fertilidad de los suelos, relacionada con el nitrógeno. El nitrógeno es indispensable para el crecimiento de las plantas. Sin nitrógeno las plantas no pueden construir sus proteínas. Con frecuencia los pastos, y los cultivos en general, no tienen un buen desarrollo por la poca presencia de nitrógeno en el suelo; por eso se acude a fertilizantes químicos como la urea (que contiene 46% de nitrógeno). (Zapata Cadavid, Silva Tapasco, 2020)

Ofrecen una serie de beneficios ambientales significativos que los distinguen como una opción sostenible para la actividad ganadera. Estos sistemas se caracterizan por su capacidad para

combinar tecnologías que mejoran la productividad ganadera con prácticas que promueven la salud ambiental.

Uno de los aportes más destacados es la fijación biológica de nitrógeno (FbN), un proceso mediante el cual ciertas especies vegetales, como las leguminosas, colaboran con bacterias para convertir el nitrógeno atmosférico en una forma utilizable por las plantas. Esto no solo beneficia la calidad del suelo, sino que también reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados, disminuyendo así los impactos negativos en la salud y el medio ambiente.

Además, la presencia de árboles contribuye a la producción sostenible de madera y frutos, proporcionando recursos adicionales y diversificando los ingresos agrícolas.

Aunque, la agricultura, que representa más del 30% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (con la deforestación y la degradación de bosques contribuyendo al 17,4% y la agricultura al 13,5%), puede jugar un papel crucial en la mitigación del cambio climático. Aunque contribuye a las emisiones, la agricultura también puede reducir su impacto a través de prácticas como el manejo sostenible de los ecosistemas, la disminución de la deforestación, el uso de cultivos más eficientes, un mejor control de incendios, la nutrición mejorada del ganado, y la gestión adecuada de los desechos y el suelo. Además, las tierras agrícolas bien gestionadas tienen el potencial de secuestrar grandes cantidades de carbono. Dado que el 40% de la biomasa terrestre está gestionada por agricultores, silvicultores y pastores, es crucial que adopten sistemas que integren tanto la mitigación como la adaptación para mejorar la seguridad alimentaria a nivel local y global. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2018)

## 1.5 Aspectos Desfavorables de los Sistemas Silvopastoriles

Sin duda, los sistemas silvopastoriles presentan desafíos y desventajas que deben ser considerados cuidadosamente:

- **Competencia por la luz:** La sombra proyectada por los árboles puede limitar la disponibilidad de luz solar para las especies de gramíneas, lo que afecta su crecimiento y rendimiento. Esto puede comprometer la productividad global del sistema agropecuario, especialmente si las especies arbóreas no son consumidas por el ganado.
- **Presencia de plagas:** La introducción de plantas forrajeras en sistemas silvopastoriles

puede atraer insectos y patógenos que pueden causar enfermedades o daños a las plantas. La presencia de plagas puede afectar negativamente el rendimiento y la salud del sistema en su conjunto.

- **Alelopatía:** Algunas plantas presentan mecanismos de alelopatía, que son interacciones químicas que pueden inhibir el crecimiento y desarrollo de otras especies vegetales. Esto puede resultar en una competencia desigual entre las plantas forrajeras y las leñosas, afectando la diversidad y la estabilidad del sistema.
- **Ramoneo:** El pastoreo libre de los animales en áreas donde se encuentran árboles puede causar daños a estos, especialmente durante etapas tempranas de establecimiento. Es crucial implementar prácticas de manejo adecuadas y proporcionar protección para evitar el ramoneo excesivo y promover el crecimiento saludable de las plantas leñosas. (Arciniegas-Torres y Flórez Delgado, 2018)

## 1.6 Ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia, con enfoque en EMBRAPA y Hacienda San José

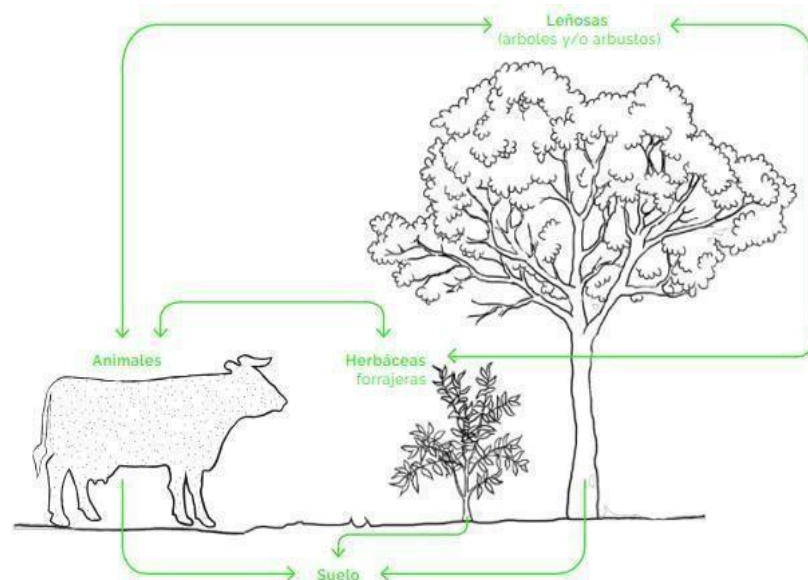
La ganadería silvopastoril, es una forma de producción agropecuaria que se ha venido implementando en diversos países incluyendo Colombia y Brasil, este sistema integra árboles, pasturas y animales en un mismo sistema de producción. Esta técnica también conocida como agrosilvopastoril, busca optimizar el uso de la tierra, mejorar la productividad ganadera y promover la sostenibilidad ambiental; al integrar árboles en áreas de pastoreo, se aprovechan las interacciones positivas entre estos elementos, generando beneficios como la mejora del suelo. (Zapata Cadavid, Silva Tapasco, 2020)

Las plantas perennes (árboles o arbustos) conviven con elementos tradicionales (forrajes herbáceos y animales) bajo la supervisión de un sistema de manejo integrado. Bajo esta premisa, la implementación de las plantas perennes tiene como objetivo aumentar la productividad de los recursos del suelo y el beneficio neto del sistema a largo plazo mitigando los riesgos a través de la diversificación de la producción del sistema, (P.I., 1999). La naturaleza juega un papel principal, sin embargo, es necesario la ayuda del ser humano para el establecimiento y organización estratégica de distintas hierbas que ayudan al aumento de los beneficios para la crianza de los bovinos, los procedimientos a implementar pueden ser: involucrando estrategias de mayor

persistencia; manteniendo una dinámica de las praderas y así generando de la capacidad de carga por terreno. “Los sistemas silvopastoriles son una alternativa de manejo sostenible, los cuales tienen un potencial para proveer hábitats y recursos e incrementar la conectividad del paisaje agropecuario” (López, Tobar López, 2008).

Tal y como se observa en la Figura 2, se evidencia el aspecto de relación entre 2 seres vivos.

**Figura 6** Material educativo esquema de un sistema silvopastoril



Nota. Adaptado de (Navas, 2016, p.7)

Para lograr el buen funcionamiento de un sistema silvopastoril, es crucial tener en cuenta diversos factores. Primero, es fundamental garantizar el bienestar de los animales mediante la adecuada selección de forrajes y la elección de razas que sean resistentes. Es importante ofrecerles acceso a zonas con sombra, agua limpia y una dieta bien equilibrada. Además, la incorporación de pastos con alto valor nutritivo y la aplicación de técnicas de manejo como la rotación de pastoreo ayudan a asegurar un suministro constante de alimento. También es esencial optar por razas o mezclas que se adapten bien a las condiciones locales. Estas estrategias combinadas son clave para mejorar tanto la productividad como la sostenibilidad en diversos tipos de terrenos.

EMBRAPA, la Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria, ha sido fundamental en el desarrollo y la promoción de sistemas silvopastoriles en Brasil desde la década de 1980. Inicialmente, EMBRAPA se centró en integrar el ganado en plantaciones forestales para mejorar

la rentabilidad en los primeros años de crecimiento de los árboles y controlar plantas no deseadas. En la década de 1990, la investigación se orientó hacia la introducción de árboles en pasturas convencionales, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de los pastos y el bienestar de los animales. EMBRAPA ha desarrollado varias unidades de referencia tecnológica en el sur de Brasil, promoviendo la integración arbórea en las pasturas y evaluando la viabilidad económica y ambiental de estos sistemas. A pesar del impacto positivo de sus investigaciones, la adopción generalizada enfrenta desafíos, como barreras económicas y falta de conocimientos técnicos, que necesitan ser abordados mediante políticas públicas y apoyo adicional. (Silva,2014)

En Colombia, encontramos una empresa líder en la producción de carne bovina en las zonas tropicales de los Llanos Orientales de Colombia, la Hacienda san José, consolidada desde el 2014, se destaca por su especialización en la raza Nelore Ciclo Corto. La Hacienda ha adoptado un enfoque sostenible que beneficia tanto al medio ambiente como a las comunidades locales en el Vichada. Gracias a la implementación de tecnología avanzada y prácticas modernas, ha logrado resultados sobresalientes en aspectos como la fertilidad reproductiva, la precocidad sexual, la ganancia diaria de peso, la densidad de animales por hectárea, y la reducción de la mortalidad y pérdida de peso durante el transporte. La Hacienda San José se distingue por su eficiencia y el uso de las mejores prácticas en cultivos de pastos tropicales, nutrición del ganado, manejo del rebaño, genética de la raza Nelore Ciclo Corto y bienestar animal. Ofrece un paquete tecnológico rentable que beneficia a pequeños, medianos y grandes productores ganaderos en los Llanos Orientales y en todo el país. (HSJ,2024)<sup>1</sup>

### **1.7 Comparación de Enfoques y Avances en Ganadería Silvopastoril entre Brasil y Colombia**

Los sistemas silvopastoriles han sido una alternativa relevante para la producción ganadera sostenible en Brasil y Colombia. Estos sistemas integran el componente arbóreo de diversas formas, como árboles dispersos en los potreros, cercas vivas, barreras rompevientos y bancos forrajeros, combinados con la producción de pasturas y la cría de ganado (Porfirio-da-Silva et al, 2009). En el contexto brasileño, EMBRAPA ha liderado el desarrollo de investigaciones y

---

<sup>1</sup> <https://www.hsj.com.co/>

experiencias en diversos modelos de sistemas silvopastoriles. Por ejemplo, han probado la implementación del ganado en plantaciones forestales comerciales de eucalipto y acacia negra, buscando mejorar el flujo de efectivo y el control de malezas en los primeros años de crecimiento forestal (Baggio y Schreiner, 1988; Schreiner, 1994). Posteriormente, han explorado la integración directa de los árboles en las pasturas, evaluando aspectos como la sostenibilidad, la productividad y el bienestar animal (Baggio, A., & Schreiner, H, 1998; Porfirio-da-Silva et al, 2009; Couto et al., 1994).

Uno de los ejemplos destacados es el establecimiento de unidades de referencia tecnológica (URTs) en las zonas de arenisca del sur de Brasil, donde se han evaluado la implementación de sistemas silvopastoriles para mitigar la erosión y la degradación ambiental (Ribaski et al., 2005). Estos sistemas han demostrado generar menores pérdidas de suelo en comparación con los pastizales y cultivos agrícolas tradicionales (Ribaski et al., 2005). Adicionalmente, Embrapa ha trabajado en la selección de especies forrajeras, tanto nativas como cultivadas, que se adapten adecuadamente a las condiciones de sombra en estos sistemas (Varella et al., 2009).

Por su parte, en Colombia la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) ha generado ofertas tecnológicas para la implementación de sistemas silvopastoriles multipropósito, con un enfoque en las zonas cálidas del país (Agrosavia, 2022). Estos sistemas incluyen modelos con árboles dispersos en los potreros, cercas vivas y bancos mixtos de forraje que combinan especies arbóreas, arbustivas y herbáceas (Agrosavia, 2022).

Un elemento destacado en Colombia es la incorporación de tecnologías 4.0 en la ganadería, como el uso de dispositivos de monitoreo remoto, sistemas de pastoreo inteligente y aplicaciones de gestión integral, lo cual ha permitido mejorar la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad de la producción (Industria y Comercio Superintendencia, 2022). Estos avances tecnológicos han sido fundamentales para fortalecer la trazabilidad y la calidad de la carne bovina colombiana, que pueden ser implementados de manera activa dentro del proceso de producción en la ganadería teniendo en cuenta su característica multifuncional de acuerdo al conocimiento del estado de los bovinos, de igual manera de la vigilancia por geolocalización de los mismos de manera constante y evitando riesgos que puedan llegar a decrementar el proceso de producción ganadero.

En cuanto a los modelos de sistemas silvopastoriles, tanto Brasil como Colombia comparten la implementación de árboles dispersos en los potreros, cercas vivas y bancos mixtos de forraje que combinan especies arbóreas, arbustivas y herbáceas (Agrosavia, 2022; Porfirioda-

Silva et al.,2009). Sin embargo, se observan algunas diferencias en los enfoques.

Mientras que Brasil se ha destacado por el desarrollo a gran escala de estos sistemas, especialmente en el sector forestal, Colombia ha centrado sus esfuerzos en mejorar la trazabilidad y la calidad de la carne bovina, a través de la adopción de tecnologías de identificación electrónica y prácticas de manejo sanitario y nutricional (Industria y Comercio Superintendencia, 2022).

En cuanto al sector forestal, Brasil se ha destacado por el desarrollo a gran escala de sistemas silvopastoriles, especialmente en plantaciones de eucalipto y otros árboles maderables (Porfirio- da-Silva et al., 2009; Couto et al., 1994). Estas iniciativas han sido impulsadas por programas de fomento forestal, en los que las empresas forestales proporcionan asistencia y recursos a los productores rurales para establecer estos sistemas (Couto & Betters, 1995).

Para culminar, tanto Colombia como Brasil han implementado diversas estrategias y tecnologías en el marco de los sistemas silvopastoriles, con el objetivo de mejorar la productividad, la sostenibilidad y la competitividad de la ganadería. Mientras Brasil se ha enfocado en el desarrollo a gran escala, especialmente en el sector forestal, Colombia ha centrado sus esfuerzos en la adopción de tecnologías 4.0 y el mejoramiento de la trazabilidad y la calidad de la carne. Ambos países comparten retos relacionados con la mitigación del impacto ambiental y el bienestar animal.

## **2. Productividad y Factores Ambientales en Ganadería Silvopastoril: EMBRAPA y Hacienda San José**

En el análisis de la ganadería silvopastoril, es fundamental considerar cómo la productividad y los factores ambientales interactúan en diferentes contextos. Por un lado, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) ha desarrollado investigaciones centradas en la optimización de la producción ganadera a través de la integración de árboles y pastos, promoviendo beneficios tanto productivos como ecológicos. Por otro lado, la Hacienda San José, con su experiencia práctica, ofrece una perspectiva valiosa sobre la aplicación local de estas técnicas. Al contrastar los enfoques de EMBRAPA y Hacienda San José, se pueden identificar tanto los logros como los desafíos en su implementación, proporcionando una visión integral de cómo mejorar la productividad ganadera mientras se conservan los factores ambientales.

### **2.1 Factores ambientales en EMBRAPA y Hacienda San José**

En el ámbito de la ganadería silvopastoril en las regiones subtropicales de Brasil, EMBRAPA ha desempeñado un papel crucial en la investigación y desarrollo de sistemas que integran árboles en los pastizales para abordar problemas ambientales críticos. Los estudios realizados por EMBRAPA han demostrado que la implementación de árboles en los sistemas de pastoreo contribuye significativamente a la mitigación de la erosión del suelo, un problema grave en las regiones de arenisca altamente vulnerables. La investigación indica que estos sistemas silvopastoriles pueden reducir considerablemente la pérdida de suelo comparado con pastizales sin árboles y cultivos agrícolas convencionales, al ofrecer una barrera natural contra la erosión eólica e hídrica. (Silva, 2014)

Además de la protección del suelo, los sistemas silvopastoriles también juegan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad. La inclusión de árboles en los pastizales mejora la estructura del hábitat y crea un entorno más diverso que puede soportar una gama más amplia de especies. EMBRAPA ha observado que la integración de especies forrajeras nativas y cultivadas en estos sistemas no solo enriquece el ecosistema, sino que también ayuda a preservar recursos genéticos valiosos y a fortalecer la resiliencia del ecosistema frente a condiciones climáticas adversas, como sequías estacionales y heladas.

La capacidad de los sistemas silvopastoriles para mejorar la retención de agua en el suelo es otra ventaja ambiental significativa. Al proporcionar sombra y reducir la exposición directa del suelo a los elementos, los árboles ayudan a mantener la humedad del suelo durante períodos secos, lo que a su vez mejora la producción forrajera y el bienestar animal. Este enfoque también contribuye a la reducción de la desertificación, un problema crítico en muchas áreas degradadas de Brasil.

La labor de EMBRAPA en el desarrollo y promoción de sistemas silvopastoriles ha mostrado que estos sistemas no solo pueden aumentar la sostenibilidad productiva de la ganadería, sino que también ofrecen beneficios significativos para la conservación del medio ambiente. La protección del suelo, la conservación de la biodiversidad y la mejora de la retención de agua son aspectos clave que subrayan la importancia de estos enfoques innovadores en la gestión de los recursos naturales en las regiones subtropicales de Brasil.

Por otra parte, La Hacienda San José (HSJ), ha logrado un notable equilibrio ambiental en su operación ganadera. Este éxito se debe a su enfoque innovador en el manejo de pasturas y ganado, lo que le permite capturar tres toneladas de CO<sub>2</sub> en el suelo por cada tonelada que emite el ganado. (HSJ, 2024)

El biólogo ambiental Jacobo Arango del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) destaca que este logro se debe a la implementación de forrajes mejorados y un manejo adecuado. El estudio, realizado en colaboración con Bioversity International, la Universidad de Stuttgart y el Banco Mundial, revela que la variedad de pastura *Urochloa humidicola* aumenta los niveles de carbono en el suelo en un 15% comparado con pastos degradados. Este incremento en la captura de carbono se debe a la calidad de las pasturas y el manejo integrado del ganado, adaptado a las condiciones ambientales del Vichada.

HSJ no solo se enfoca en la sostenibilidad ambiental, sino también en el bienestar humano y animal. La empresa evita el uso preventivo de antibióticos, preserva los ecosistemas locales y fomenta la mejora de las comunidades aledañas a través de programas educativos y de género. Además, la empresa genera empleo local y contribuye al desarrollo regional mediante la capacitación continua de su personal.

## 2.2 Factores de productividad en EMBRAPA y Hacienda San José

La Hacienda San José se ha consolidado como un referente en productividad dentro del sector ganadero de los Llanos Orientales de Colombia. Implementado una serie de tecnologías avanzadas y prácticas modernas que han transformado la producción de carne bovina en la región. Utilizando la raza Nelore Ciclo Corto, la hacienda ha optimizado varios indicadores clave de productividad. Esta genética, especialmente adaptada a las condiciones del Vichada, ha demostrado un alto rendimiento en términos de fertilidad reproductiva y precocidad sexual. Los animales de esta raza pueden ser apareados a partir de los nueve meses de edad, lo que acelera el ciclo reproductivo y mejora la eficiencia del rebaño.

En cuanto a la ganancia diaria de peso, la Hacienda San José ha logrado resultados sobresalientes. Gracias a un manejo integral que incluye la implementación de pasturas mejoradas como *Urochloa humidicola*, la productividad del ganado ha aumentado significativamente. Estas pasturas no solo mejoran la calidad de la alimentación del ganado, sino que también contribuyen a una mayor ganancia de peso diaria, lo que impacta directamente en el rendimiento general del sistema ganadero. Además, la hacienda ha optimizado la densidad de animales por hectárea, permitiendo una mayor utilización del espacio y recursos disponibles.

Otro aspecto relevante en términos de productividad es la reducción de la mortalidad y la pérdida de peso durante el transporte. La Hacienda San José ha implementado prácticas que minimizan estos problemas, mejorando el bienestar animal y reduciendo las pérdidas económicas asociadas al manejo del ganado. Las vacas receptoras mestizas Angus X Brahman, utilizadas para la recepción de embriones de Nelore Ciclo Corto, aseguran una alta tasa de éxito en la gestación y el desarrollo de terneros saludables, contribuyendo al incremento en la productividad. (HSJ, 2024)

El enfoque integral de la Hacienda San José, que abarca desde la selección genética hasta la mejora en las prácticas de manejo y alimentación, ha permitido que la empresa no solo mantenga altos estándares de productividad, sino que también se convierta en un modelo de eficiencia en la ganadería sostenible. Su éxito en estos aspectos destaca la capacidad de combinar innovación tecnológica con prácticas tradicionales para alcanzar un rendimiento óptimo en la producción de carne bovina.

Por otra parte, EMBRAPA ha sido clave en el aumento de la productividad agrícola brasileña, logrando una expansión significativa en la producción gracias a diversas innovaciones.

Desde el año 2000, Brasil ha experimentado un aumento en la productividad agrícola de aproximadamente +3.18% anual, el mayor incremento global durante ese período. Este avance se debe en gran medida a los esfuerzos de EMBRAPA en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas agrícolas.

Además, EMBRAPA desarrolló más de 40 variedades de soja tropical, revolucionando la producción de este cultivo, que hasta entonces solo se consideraba adecuado para zonas templadas. Esta innovación catapultó a Brasil al estatus de principal exportador mundial de soja, impulsando significativamente la productividad y la competitividad del país en el mercado global. (Castro, 2024)

Otro aspecto crucial del impacto de EMBRAPA en la productividad es la adopción de la siembradirecta, una técnica agrícola que ha permitido aumentar los rendimientos de cultivos como el maíz mientras se reducen las emisiones de dióxido de carbono. Esta técnica no solo ha mejorado la eficiencia en la producción agrícola, sino que también ha contribuido a la reducción de costos y al aumento de los márgenes de beneficio para los agricultores.

### 3. Comparativa de los factores productivos y ambientales, entre EMBRAPA y Hacienda San José

Para comprender mejor el impacto de las prácticas de ganadería silvopastoril en aspectos como la producción y lo ambiental, para esto lo compararemos con dos grandes empresas; EMBRAPA y Hacienda San José. A continuación, se presentan dos cuadros comparativos. El primero de ellos examina los aspectos ambientales de cada enfoque, destacando las diferencias en la conservación del suelo, la captura de carbono y la preservación de la biodiversidad. El segundo cuadro se centra en la productividad, comparando indicadores clave como la ganancia diaria de peso, las técnicas de manejo y los avances en la eficiencia productiva. Estas comparaciones brindan una visión clara de cómo cada entidad contribuye tanto a la sostenibilidad ambiental como a la optimización de la producción.

**Tabla 1** Comparación entre la Hacienda San José y EMBRAPA en factores ambientales

	<b>Hacienda San José</b>	<b>EMBRAPA</b>
<b>Captura de CO<sub>2</sub></b>	Captura tres toneladas de CO <sub>2</sub> en el suelo por cada tonelada emitida.	Contribuye a la conservación del suelo y reducción de la desertificación.
<b>Retención de agua</b>	Mejora mediante pasturas que proporcionan sombra y reducen la exposición del suelo.	Mejora mediante la integración de árboles, que ayuda a mantener la humedad del suelo.
<b>Protección del suelo</b>	Implementación de forrajes mejorados que contribuyen a la retención de carbono en el suelo.	Sistemas silvopastoriles reducen la erosión del suelo y la desertificación.
<b>Conservación de biodiversidad</b>	Mejora mediante el manejo de pasturas y ecosistemas locales.	Mejora mediante la integración de árboles y la inclusión de especies forrajeras nativas.
<b>Impacto general ambiental</b>	Sostenibilidad en el manejo de recursos, preservación de ecosistemas locales.	Beneficios en la sostenibilidad del suelo, conservación de biodiversidad, y reducción de erosión.

**Tabla 2** Comparación de la productividad entre la Hacienda San José y EMBRAPA

	<b>Hacienda San José</b>	<b>EMBRAPA</b>
<b>Raza de Ganado</b>	Nelore Ciclo Corto, Angus X Brahman	Variadas, enfocadas en adaptabilidad y rendimiento en diferentes regiones
<b>Ganancia diaria de peso</b>	Alta, gracias a pasturas mejoradas (Urochloa humidicola)	Mejorada a través de la optimización de pasturas y manejo del ganado
<b>Peso al destete (P205)</b>	No especificado; enfoque en mejora general de productividad	No especificado; enfoque en mejora general y eficiencia del sistema ganadero
<b>Densidad de animales por hectárea</b>	Optimizada para una mayor utilización del espacio y recursos disponibles	Variable según el sistema, basado en prácticas de manejo eficientes
<b>Incremento en productividad</b>	Optimización de fertilidad reproductiva, ganancia diaria de peso y eficiencia general	+3.18% anual desde el año 2000 en la productividad agrícola, revolucionando la soja y otros cultivos

Al revisar las tablas 1 y 2, se obtiene una visión detallada de cómo las prácticas de Embrapa y la Hacienda San José influyen en la productividad y el impacto ambiental en sus respectivos contextos. Estas comparaciones no solo ilustran las fortalezas y áreas de mejora en cada enfoque, sino que también resaltan las estrategias que cada entidad ha adoptado para equilibrar los objetivos de producción con la sostenibilidad ambiental. La información presentada permite una comprensión más profunda de los beneficios y desafíos asociados con la implementación de técnicas innovadoras en ganadería y agricultura, ofreciendo una base sólida para evaluar y adoptar prácticas que optimicen tanto la productividad como la conservación de los recursos naturales.

#### 4. Ventajas y desventajas de los dos modelos de ganadería silvopastoril en EMBRAPA y Hacienda San José

Es pertinente identificar las ventajas y desventajas de los modelos de ganadería silvopastoril de EMBRAPA y Hacienda San José para comprender sus impactos. A continuación, se detallan las características, fortalezas y debilidades de cada enfoque, proporcionando una visión comparativa de estas dos empresas. A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume estos aspectos para una mejor comprensión.

**Tabla 3** Comparación de Ventajas, Desventajas y Similitudes entre EMBRAPA y Hacienda San José

	<b>EMBRAPA</b>	<b>Hacienda San José</b>	<b>Similitudes</b>
<b>Ventajas</b>	siembra directa y nuevas variedades de soja que aumentan la productividad.	Alta ganancia de peso y fertilidad con genética Nelore Ciclo Corto.	Ambos optimizan la productividad ganadera con prácticas sostenibles.
	Reduce la erosión del suelo y mejora la retención de agua.	Captura tres toneladas de CO <sub>2</sub> en el suelo por cada tonelada emitida.	Ambos mejoran la conservación del suelo y reducen la erosión.
	+3.18% anual en productividad agrícola desde el año 2000.	Reducción del estrés térmico y enfermedades.	Ambos mejoran las condiciones de vida y el bienestar del ganado.
<b>Desventajas</b>	Las nuevas tecnologías y prácticas tienen altos costos de implementación.	El ganado es menos resistente a condiciones extremas fuera del entorno controlado	Ambos modelos requieren inversiones significativas y manejo intensivo de recursos.
	La infraestructura avanzada puede alterar el equilibrio ecológico local.	El Manejo intensivo pueden afectar el equilibrio ecológico local	efectos negativos sobre el equilibrio ecológico por el manejo intensivo

##### 4.1 Ventajas y desventajas de EMBRAPA

En el caso de EMBRAPA, sus modelos de ganadería silvopastoril se caracterizan por la aplicación de innovaciones tecnológicas y la diversificación de cultivos, lo que impulsa

notablemente la productividad agrícola. Sin embargo, la efectividad de estas tecnologías puede variar según las condiciones locales y los costos de implementación pueden ser una barrera para algunos productores.

#### **4.1.1 Ventajas**

- EMBRAPA ha desarrollado tecnologías y prácticas innovadoras, como la siembra directa y nuevas variedades de soja, que han mejorado significativamente la productividad agrícola en Brasil.
- La creación de nuevas variedades de soja tropical ha permitido a Brasil expandir su producción y exportación, aumentando la competitividad en el mercado global.
- Los sistemas de regulación climática permiten mantener condiciones ambientales ideales para el ganado, reduciendo el estrés térmico y mejorando el bienestar general de los animales. Esto puede llevar a una mayor eficiencia en la conversión alimentaria y un mejor crecimiento

#### **4.1.2 Desventajas**

- La adopción de nuevas tecnologías y prácticas puede implicar altos costos iniciales para los productores, que podrían no ser accesibles para todos los agricultores.
- Los sistemas avanzados pueden tener un alto consumo energético, lo que podría llevar a mayores costos operativos.
- La instalación de sistemas de regulación climática puede alterar el equilibrio ecológico local y generar problemas ambientales adicionales, como la alteración de hábitats naturales debido a la infraestructura necesaria.

#### **4.2 Ventajas y desventajas de la Hacienda San José**

La Hacienda San José destaca por su implementación de pasturas mejoradas y un manejo integrado que optimiza la productividad y promueve la sostenibilidad. Aunque estas prácticas generan beneficios significativos, la dependencia de tecnología avanzada y los riesgos asociados

con la intensificación de la producción requieren una gestión adecuada.

#### **4.2.1 Ventajas**

- Un entorno controlado reduce el estrés térmico y las enfermedades relacionadas con las condiciones climáticas extremas, lo que puede resultar en una mayor producción de leche, carne o lana, y en una mejor calidad del producto.
- Con una mayor productividad y calidad del ganado, así como una reducción de enfermedades y pérdidas, la hacienda puede experimentar un aumento en la rentabilidad y la sostenibilidad económica.
- Permite ajustar el clima interno para cultivar una variedad de productos que no serían posibles bajo condiciones climáticas externas adversas.

#### **4.2.2 Desventajas**

- Al mantener condiciones artificialmente estables, el ganado puede volverse menos resistente a las variaciones climáticas naturales. Esto puede reducir su capacidad para adaptarse a cambios en el entorno o condiciones adversas fuera del entorno controlado, afectando su productividad en situaciones no ideales
- La necesidad de agua y energía para mantener condiciones ideales puede llevar a un uso intensivo de recursos, afectando el equilibrio ambiental de la hacienda.
- La instalación de sistemas de regulación climática puede alterar el equilibrio ecológico local y generar problemas ambientales adicionales, como la alteración de hábitats naturales debido a la infraestructura necesaria.

## 5. Comparación de cifras de producción generadas con la ganadería silvopastoril en Brasil y Colombia

El impacto de los sistemas silvopastoriles en la productividad de leche y en el aumento de peso del ganado ha sido objeto de diversos estudios en Brasil y Colombia, países que comparten características similares en sus sistemas de pastoreo, pero con diferencias en las especies forrajeras y en las prácticas de manejo. A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume los datos sobre cómo estos sistemas afectan la productividad de leche y el aumento de peso en ambos países, destacando tanto los resultados de estudios específicos como el rendimiento asociado a diferentes especies de plantas forrajeras.

**Tabla 4** Comparativa de Productividad de Leche y Aumento de Peso en Sistemas Silvopastoriles

Tipo de planta	Brasil		Colombia	
	Ganancia de peso(g/día)	Producción de leche(L/día)	Ganancia de peso(g/día)	Producción de leche(L/día)
<b>Cratyliaargétea</b>	652 gramos por animal al día	6.6 Litros por animal al día	652 gramos por animal al día	6.6 litros por animal al día
<b>Albizzialebeck</b>	604-757 Gramos por animal al día	9-11 litros por animal al día	604-757 Gramos por animal al día	7-9 litros por animal al día
<b>Glicidiasepium</b>	600-650 gramos por animal al día	10-12 litros por animal al día	580-640 gramos por animal al día	8-10 litros por animal al día
<b>Leucaena leucocephala</b>	600-800 gramos por animal al día	10-12 litros por animal al día	580-640 gramos por animal al día	8-10 litros por animal al día

## Conclusiones

El análisis comparativo de los sistemas silvopastoriles en Brasil y Colombia demuestra que estos enfoques son fundamentales para lograr una ganadería más sostenible y ambientalmente responsable. En Brasil, EMBRAPA ha liderado el desarrollo de prácticas innovadoras, como la siembra directa y el mejoramiento de variedades de soja tropical, que han transformado la agricultura al aumentar la productividad y fomentar la conservación del suelo y la biodiversidad. Estas innovaciones han permitido una mejora significativa en la eficiencia agrícola, pero los elevados costos iniciales y el consumo energético asociado a estas tecnologías representan barreras importantes que limitan su implementación generalizada.

Por su parte, Hacienda San José en Colombia ha logrado una notable integración de pasturas mejoradas y manejo del ganado para maximizar la productividad mientras se mantiene el equilibrio ambiental. Este modelo ha demostrado ser efectivo en mejorar la ganancia diaria de peso y en la captura de carbono, al mismo tiempo que preserva los ecosistemas locales y promueve el bienestar animal. No obstante, la dependencia de tecnología avanzada y el uso intensivo de recursos presentan desafíos, como la posible limitación en la adaptabilidad del ganado a las condiciones climáticas naturales y el impacto en el equilibrio ambiental.

A través de estos enfoques contrastantes, se evidencian lecciones importantes sobre la implementación de sistemas silvopastoriles. Mientras EMBRAPA se enfoca en innovaciones tecnológicas para mejorar la eficiencia agrícola, Hacienda San José demuestra cómo la integración de prácticas sostenibles puede potenciar tanto la productividad como la conservación ambiental. Ambos modelos subrayan la importancia de ajustar las prácticas a las condiciones locales específicas para equilibrar los objetivos productivos con la sostenibilidad ambiental.

La experiencia de EMBRAPA y Hacienda San José muestra que, aunque ambos enfoques tienen fortalezas y desafíos únicos, ambos contribuyen de manera significativa a la promoción de una ganadería más sostenible. La clave para el éxito radica en adaptar estas prácticas a las particularidades de cada región y en encontrar un equilibrio entre la productividad y la conservación del medio ambiente.

Para finalizar, queda claro que los sistemas silvopastoriles tienen un gran potencial para enfrentar los desafíos actuales de la ganadería, la conservación ambiental y el desarrollo rural. La clave para su éxito radica en adaptar las prácticas a las condiciones locales, equilibrar la

productividad con la sostenibilidad y fomentar la cooperación entre los diversos actores involucrados. Con un enfoque coordinado y un compromiso firme, estos sistemas pueden transformar positivamente el paisaje agrícola y ganadero, contribuyendo a un futuro más sostenible y equitativo para las comunidades rurales y el medio ambiente.

### Referencias bibliográficas

- Alonso Lazo, A., Valenciaga Valdés, N., Sampaio, R. A., & Demolin Leite, G. (2007). Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42(12):1667-1674. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200001>
- Agrosavia. (2022). *Sistemas silvopastoriles: una alternativa para nutrir su ganado y proteger el medio ambiente*. <https://www.agrosavia.co/noticias/sistemas-silvopastoriles-una-alternativa-para-nutrir-su-ganado-y-proteger-el-medio-ambiente>
- Agrosavia. (2021). Avances en investigación en sistemas silvopastoriles en el Centro de Investigación Obonuco. <https://www.agrosavia.co/noticias/avances-en-investigaci%C3%B3n-en-sistemas-silvopastoriles-en-el-centro-de-investigaci%C3%B3n-obonuco>
- Arciniegas-Torres, S. P., & Flórez-Delgado, D. F. (2020). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116, <https://www.redalyc.org/journal/5600/560064389006/html/>
- Baggio, A. J., & Porfirio-da-Silva, V. (1998). Métodos de Implantacáo de sistemas silvipastoris na regio do arenito caiuíá Paraná. En Congreso Brasileiro em Sistemasagroflorestais, 2. No *Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade: Resumos Expandidos*.189-191. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104921/1/MetodosImplantacao0001.pdf>
- Baggio, A., & Schreiner, H. (1988). Análise de um sistema silvipastoril com Pinus elliottii egado de corte. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 16, 19-29.
- Castro, J. (2024). *Embrapa es la clave del boom de productividad agrícola brasileña*. Diario El Clarin. [https://www.clarin.com/rural/embrapa-clave-boom-productividad-agricola-brasilena\\_0\\_dgZ5a\\_\\_Ft.html?srsltid=AfmBOoqnkTmAxN8TmKobwEX\\_Om-cHoOjJ\\_BeGXpFcEdAQPtXKY-pk-u7](https://www.clarin.com/rural/embrapa-clave-boom-productividad-agricola-brasilena_0_dgZ5a__Ft.html?srsltid=AfmBOoqnkTmAxN8TmKobwEX_Om-cHoOjJ_BeGXpFcEdAQPtXKY-pk-u7)
- Contexto ganadero. (12, agosto de 2013). ¿Qué es un sistema silvopastoril intensivo? <https://www.contextoganadero.com/blog/que-es-un-sistema-silvopastoril-intensivo>
- Couto, L., & Betters, D. R. (2012). Short-rotation eucalypt plantations in Brazil: social and an Overview. Oak Ridge National Laboratory/U.S. Department of Energy.

- <https://woodycrops.tennessee.edu/wp-content/uploads/sites/206/2021/05/4Couto.pdf>
- Couto, L., Roath, R., Betters, D. García, R., & Almeida, J. (1994). Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvopastoril alternative in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, 28(2). 173-185. <https://doi.org/10.1007/BF00704828>
- Esquivel, J. (2019). Cálculo de la densidad de plantación en configuraciones silvopastoriles. CREA. <https://crea.org.py/wp-content/uploads/2020/12/CF-Calculo-de-la-densidad-de-plantacion-en-configuraciones-silvopastoriles.pdf>
- Hacienda San José. (2024). *Información general de la Empresa Ganadera de clase mundial*. <https://www.hsj.com.co/>
- Ibrahim, M; Mora, J. & Rosales, M. (2001). Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales: memorias de una conferencia electrónica realizada entre setiembre y diciembre del 2001. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11765>
- Ibrahim, M., Camero, A., Camargo, J., & Andrade, H. (1999). Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. Fundación CIPAV. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4026>
- Libreros Jaramillo, H. (2015). Sistemas silvopastoriles: opción para la mitigación y adecuación al cambio climático en bosque seco tropical. *Revista Semillas*. <https://www.semillas.org.co/es/sistemas-silvopastoriles-opci>
- Murcia, J. (2022). *Hacienda San José, un caso de ganadería que captura más carbono del que emite*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/finca/hacienda-san-jose-un-caso-de-ganaderia-que-captura-mas-carbono-del-que-emite-3508306>
- Murgueitio, E., Galindo, W., Chará, J., & Uribe, F. (Eds.). (2020). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena*. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/establecimiento-manejo-sistemas-silvopastoriles-intensivos-con-leucaena.pdf>
- Navas, A. (2016). Sistemas silvopastoriles. En Materiales educativos sobre uso y conservación del bosque seco tropical (pág. 7). Tropenbos Internacional. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/08/6-Sistemas-silvopastoriles.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria. <https://www.fao.org/climatechange/16615-05a3a6593f26eaf91b35b0f0a320cc22e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020). The state of the world's forests 2020: Forests, biodiversity and people. FAO. <https://www.fao.org/3/ca8642en/ca8642en.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2023). Sistemas agroforestales: Una alternativa para la gestión sostenible de los recursos naturales. FAO. <https://www.fao.org/3/cb8597es/cb8597es.pdf>
- Palomeque Figueroa, E. (2009). Sistemas Agroforestales. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.20194.99525>
- Patiño Quiroz, B., Baldrich Romero, N., Muñoz Ortega, G., & Martínez Ortega, C. (2021). *Ganadería en sistemas de producción silvopastoril*. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias - Fagropec 13(2) 156-168. <http://dx.doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a7>
- Peñaloza Acosta, A. (2023, 26 de junio). *Botón de oro, un "alimento" revolucionario para bovinos que promete mejorar la productividad ganadera*. Periódico UNAL. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/boton-de-oro-un-alimento-revolucionario-para-bovinos-que-promete-mejorar-la-productividad-ganadera>
- Porfirio-da-Silva, V., Baggio, A. J., Ribaski, J., Varalla, A. C., Paciulo, D. S. C., & Nicodemo, M.L. F. (2009). Los sistemas silvopastoriles en las regiones subtropicales del Brasil: Las actividades de la Embrapa. En Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles (págs. 59-65). Recuperado de <https://bibliotecavirtual.minam.gob.pe:8094/Books/manual-sistemas-silvopastoriles/silvopastoriles/confibro/232SP4207.pdf>
- Porfirio-da-Silva, V. (2014). *Los sistemas silvopastoriles en las regiones subtropicales del Brasil: Las actividades de la Embrapa*. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56928/1/SP4207.pdf>
- Ministerio de Agricultura de la República Dominicana, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2016). Establecimiento y uso de sistemas silvopastoriles en República Dominicana. PRESAAC. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/3018>
- Russo. (2015). Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*.38(2). 157-161. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269139251001>

- Sagarpa. (9, mayo de 2019). ¿Qué son las Cortinas Rompevientos? <https://infoagronomo.net/que-son-las-cortinas-rompevientos/infoAgronomo>
- Souza, J., Doska, M., Silva, L., Gondo, A., Ramos, A., Malhado, C., Santos, I., Freitas, J., Ferraz Filho, P., & Sereno, J. (2008). Interacción genotipo x ambiente sobre el peso al destete de bovinos Nelore en Brasil. *Archivos de Zootecnia*. 57(218). 171-177. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49515018009.pdf>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2022). Ganadería 4.0 en Colombia. Boletín Tecnológico. [https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2022/Boletin\\_Ganaderia.pdf](https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2022/Boletin_Ganaderia.pdf)
- Tobar López, D., & Ibrahim, M. (2008). Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos en América Central. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4288>
- Villanueva, C., Ibrahim, M., & Casasola, F. (2008). Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE). [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4289/Valor\\_economico\\_y\\_ecologico\\_de\\_las\\_cercas\\_vivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4289/Valor_economico_y_ecologico_de_las_cercas_vivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villanueva, C., Sepúlveda, C., & Ibrahim, M. (2011). *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE). [https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2005/01/pub\\_libro\\_manejo\\_agroecologico.pdf](https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2005/01/pub_libro_manejo_agroecologico.pdf)
- Zapata Cadavid, A., & Silva Silva Tapasco, B. E. (2020). *Sistemas silvopastoriles: Aspectos teóricos y prácticos*. 2ª ed. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV). <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/sistemas-silvopastoriles-aspectos-teoricos-y-practicos.pdf>