

Calidad fisicoquímica de suelos silvopastoriles para gestionar recursos forestales en Canoa, San Vicente, Ecuador

Physicochemical soil quality of silvopastoral system for forest resource management in Canoa, San Vicente, Ecuador

Arelis Stefania Cevallos Vera¹, Carlos Josué Muñoz Zambrano², José Manuel Calderón Pincay

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador

Autor de correspondencia: arelisdioitux@gmail.com

Recibido: 24/07/2025. Aceptado: 22/12/2025.

Publicado el 9 de enero de 2026.

Resumen

Este artículo evalúa la calidad fisicoquímica de los suelos silvopastoriles en la finca “La Florida” ubicada en la parroquia Canoa, Ecuador, con el fin de proponer un modelo de manejo forestal sostenible. Los análisis revelaron densidad aparente entre 0,91 y 0,93 g/cm³ y porosidad superior al 60 %, condiciones óptimas para el desarrollo radicular. El pH varió de 6,6 a 7,5, indicando suelos ligeramente ácidos a neutros, mientras que la materia orgánica alcanzó hasta 4,9 %. El contenido de carbono orgánico osciló entre 1,7 y 2,9 % y el nitrógeno total entre 0,15 y 0,25 %, con una relación C/N de 11,5, lo que sugiere una rápida mineralización. Se identificaron áreas con menor fertilidad y menor fósforo disponible (27 mEq/ml), evidenciando zonas de degradación por sobrepastoreo. El inventario forestal registró especies de alto aporte de biomasa y captura de carbono como *Samanea saman* y *Prosopis juliflora*. El modelo propuesto integra prácticas agroforestales, rotación de cultivos, pastoreo controlado, monitoreo climático e inclusión de mecanismos como REDD+, con el fin de conservar la biodiversidad, mejorar la productividad agrícola y mitigar el cambio climático.

Palabras clave: calidad de suelo, carbono/nitrógeno, gestión forestal, silvopastoreo, sostenibilidad.

Abstract

This article evaluates the physicochemical quality of silvopastoral soils at “La Florida” farm, located in Canoa parish, Ecuador, with the aim of proposing a sustainable forest management model. Soil analyses showed bulk density between 0.91 and 0.93 g/cm³ and porosity above 60 %, which are optimal conditions for root development. The pH ranged from 6.6 to 7.5, indicating slightly acidic to neutral soils, while organic matter reached up to 4.9 %. Organic carbon content varied from 1.74 to 2.90 %, and total nitrogen from 0.15 to 0.25 %, with a C/N ratio of 11.5, suggesting rapid mineralization. Areas with lower fertility and reduced phosphorus availability (27 mEq/ml) were identified as degraded zones mainly due to overgrazing. The forest inventory highlighted species with significant biomass and carbon storage contributions, such as *Samanea saman* and *Prosopis juliflora*. The proposed model integrates agroforestry techniques, crop rotation, controlled grazing, climate monitoring, and mechanisms like REDD+ to conserve biodiversity, improve agricultural productivity, and mitigate climate change.

Keywords: soil quality, carbon/nitrogen, forest management, silvopastoral systems, sustainability.

Introducción

El sobrepastoreo y el crecimiento de la frontera agrícola generan un impacto ambiental negativo al degradar el suelo, donde se reduce el stock de carbono y nitrógeno (Castellanos, 2022). Un tercio de los suelos a nivel mundial ya están degradados, y en los últimos cinco años se ha acelerado la pérdida de fertilidad, con una reducción de hasta el 10 % en la productividad forestal proyectada hacia 2050 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

El deterioro en suelos dedicados al pastoreo afecta los recursos forestales, lo que causa erosión, compactación, y un drenaje hídrico deficiente debido a los desequilibrios en la relación C/N (Kogut, 2023). En Ecuador, durante la última década (2010–2020), los suelos de pastizal han sido considerados de alta calidad; sin embargo, presentan signos de degradación debido al manejo inadecuado y la presión ganadera. Las seis provincias de la región Costa concentran la mayor población de ganado de carne del país, siendo Manabí la de mayor producción, con aproximadamente el 40 % de las reses destinadas al procesamiento cárnico. Esta provincia lidera también en superficie agropecuaria, con cerca de 1,2 millones de hectáreas, de las cuales alrededor de 840.749 ha corresponden a áreas de pastoreo (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador [MAGAP], 2022).

En la provincia de Manabí se han realizado análisis edafológicos en áreas agrícolas y ganaderas, cuyos datos

reflejan contenidos de materia orgánica inferiores al 3 %, relación C/N menor a 10 y fósforo disponible por debajo de 20 mg/kg (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador [MAGAP], 2022). No obstante, la información sobre la incidencia de especies forestales propias de los sistemas silvopastoriles en la relación carbono/nitrógeno sigue siendo limitada (Vera-Macias *et al.*, 2019; Céspedes Flores *et al.*, 2021; Ocampo *et al.*, 2023). Por tanto, esta investigación tuvo como finalidad describir las propiedades fisicoquímicas en suelo silvopastoril a través de la evaluación de su calidad en la finca “La Florida”.

Materiales y métodos

Análisis de los parámetros fisicoquímicos en los suelos de sistemas silvopastoriles

En esta actividad se establecieron los límites del área de investigación junto con el procedimiento de recolección de muestras (Silva *et al.*, 2021). Para determinar la zona de análisis, se georreferenció la finca con un GPS marca Garmin Etrex 22x, se procedió a recorrer las esquinas limitantes de la finca para la recepción de las coordenadas UTM (Abreu *et al.*, 2024). Se ingresaron dichas coordenadas en la herramienta de geoposicionamiento espacial Google Earth Pro, mediante la cual se obtuvo el polígono de extensión del área de estudio en hectáreas (Călina *et al.*, 2022) (Figura 1).

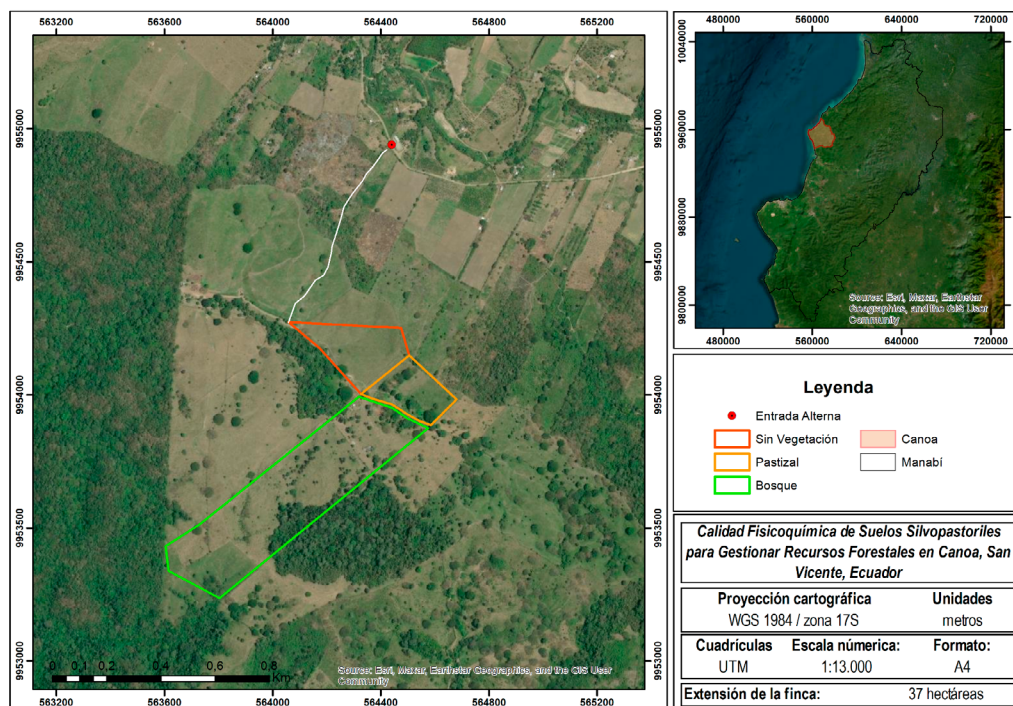


Figura 1. Extensión de la finca “La Florida”

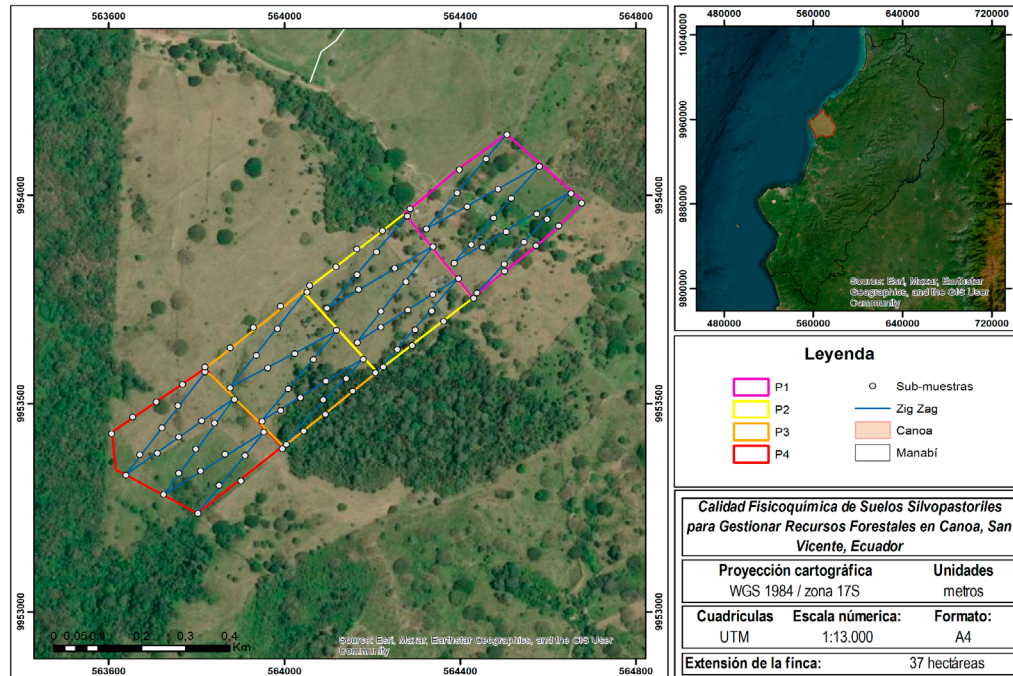


Figura 2. Georreferenciación de submuestras en zig – zag

Se definió un protocolo de muestreo simple aleatorio para la recolección de muestras, misma que, se realizó en un área de 30 ha divididas en 4 potreros (De Rose *et al.*, 2019) (Figura 2). Para la obtención de las muestras compuestas, se tomaron 25 submuestras por potrero a una profundidad de 0 a 15 cm, se homogenizaron las muestras, derivándose en una muestra compuesta por potrero (Reyna *et al.*, 2020). Se formaron 4 muestras compuestas en total, dichas muestras fueron selladas y enviadas al laboratorio (Bratti *et al.*, 2022).

Los análisis considerados fueron: textura, materia orgánica, densidad, pH, entre otros, tal como se indican en Tabla 1, que toma como referencia lo prescrito por Saucedo y Arenas (2023).

Tabla 1. Variables fisicoquímicas

Variables físicas	Variables químicas
Densidad aparente	pH
Porosidad	NH ₄
Textura	P
Estructura	K
Color	Ca
-	Mg
-	Materia Orgánica
-	Carbono Orgánico
-	Nitrógeno Total

Para la cuantificación de la relación C/N se utilizó el modelo matemático descrito por Soto-Mora *et al.* (2016).

Modelo matemático:

$$\frac{C}{N} = \frac{\%C_{Orgánico}}{\%N_{Tot}} \quad (1)$$

Identificación de la gestión actual del recurso forestal

Se recopiló información acerca de la condición actual de los suministros silvopastoriles presentes en el área a evaluar, para lo cual, se empleó una ficha de observación adaptada de Soto (2021), para registrar el tipo de vegetación circundante, la presencia de signos de erosión, interacciones positivas o negativas entre la ganadería y el arbolado, estado sanitario y vigor de las especies forestales o presencia límites entre áreas forestales y áreas de pastoreo.

Con los insumos generados a través de la ficha de observación, se sistematizaron los datos en un inventario forestal, en el que se registraron detalles sobre el conjunto de bienes forestales aprovechables (Numbere, 2022). En este inventario se incluyó lo que se muestra en la Tabla 2 por medio de las ecuaciones descritas en la Tabla 3 adaptada de Yantas (2022).

Tabla 2. Matriz de inventario

Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----

Tabla 3. Ecuaciones para el inventario

Altura total (m)	$H = \left(\frac{Lc}{20} * d \right) + ho$	H= Altura total (m) Lc= Lectura de clinómetro (Lc/20) d= Distancia entre ejecutor y el árbol (m) ho= Altura medida hasta la vista del ejecutor (m)
Área basal (m ²)	$G = \frac{\pi * DAP^2}{4}$	G= Área basal en m ² $\pi = 3,1416$ Diámetro a la altura del pecho (1,3 m)
Volumen (m ³)	$V = G * f * hh$	V= Volumen en m ³ G= Área basal en m ² f= Factor de forma (0,7) H= Altura total (m)

Proponer un modelo de gestión de recurso forestal con un sistema silvopastoril

La selección de elementos para el modelo de gestión partió de una revisión bibliográfica de modelos de gestión de recursos forestales a nivel de Latinoamérica (Heredia, 2020). En esta actividad, previo a la redacción del modelo se seleccionaron los elementos que contendría el mismo, esto incluyó la elección de especies vegetales para fortalecer los sistemas silvopastoriles, manejo del suelo de manera sostenible, planificar la disposición de árboles y pastizales, establecer estrategias de pastoreo controlado, implementar sistemas de monitoreo y considerar aspectos socioeconómicos (Ivanchuk, 2021).

Finalmente, se elaboró el modelo de gestión de recursos forestales en sistemas de acuerdo al modelo adaptado del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua [MARENA] (2020), complementado junto con las medidas de conservación alineadas a las salvaguardas ambientales y sociales del Programa REDD+ (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2016).

Procesamiento e interpretación de datos

El diseño experimental de este estudio no contempló un análisis estadístico inferencial; sin embargo, los resultados obtenidos se organizaron y procesaron mediante herramientas de ofimática para facilitar su interpretación. Para este fin se utilizó Microsoft Excel 2016, donde se sistematizaron las variables fisicoquímicas del suelo y los parámetros del inventario forestal.

En el caso de las propiedades del suelo, se calcularon promedios, rangos y porcentajes, además de elaborar tablas comparativas y gráficos que permitieron visualizar las diferencias entre potreros. Asimismo, se aplicaron fórmulas de referencia, como la relación C/N descrita por Soto-Mora *et al.* (2016), con el fin de interpretar la dinámica de nutrientes en función de la literatura científica.

Respecto al inventario forestal, los datos de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura, área basal y volumen se procesaron también en Excel, lo que permitió graficar la contribución relativa de cada especie al volumen total y a la potencial captura de carbono. Este procedimiento posibilitó identificar patrones y tendencias que resultaron fundamentales para la discusión de resultados y la propuesta del modelo de gestión silvopastoril.

Resultados y discusión

Con la información presentada en la Tabla 4, se da a conocer que la masa volumétrica de los suelos va desde 0,91 a 0,93 g/cm³ lo que indica su compactación y porosidad (Delgado y Gómez, 2017). Valores menores a 1,5 g/cm³ sugieren suelos bien estructurados, con buena aireación y capacidad de almacenar humedad, lo cual es ideal para el desarrollo de raíces (Brown *et al.*, 2021). En cuanto a la porosidad es alta con valores que superan 60 %, lo cual indica capacidad del suelo para conservar H₂O y permitir el intercambio de gases que es crucial para la salud de plantas (Fattani *et al.*, 2021).

Tabla 4. Análisis físicos de la calidad de los suelos

Nº	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad (%)	Textura	Estructura	Color	
					Color seco	Color húmedo
1	0,91	65,66	Arcillosa	Bloque subangular	Café grisáceo ligero	Café grisáceo muy oscuro
2	0,93	64,91	Franco limosa	Granular	Café grisáceo claro	Café grisáceo muy oscuro
3	0,93	64,91	Arcillosa	Bloque subangular	Café grisáceo	Café oscuro
4	0,93	64,91	Arcillosa	Granular	Café grisáceo muy oscuro	Café grisáceo muy oscuro

Tabla 5. Análisis químicos de la calidad de los suelos

Nº	pH	NH ₄ (mg/kg)	P (mEq/ml)	K (mEq/ml)	Ca (mEq/ml)	Mg (mEq/ml)	M.O (%)	CO (%)	NT (%)
1	7,4	23	158	3,59	17	4,1	4,9	2,84	0,25
2	7,5	23	191	4,11	17	4,5	5,0	2,90	0,25
3	6,6	15	31	1,07	16	3,0	3,1	1,79	0,16
4	7,2	14	27	1,09	16	3,0	3,0	1,74	0,15

En la Tabla 5, se evidencia que, el pH en las muestras varía entre 6,6 y 7,5. Lo cual indica que los suelos son ligeramente ácidos a neutros (Hurtado *et al.*, 2023). Un pH en este rango es generalmente beneficioso para la asimilación de nutrientes esenciales por parte de las plantas como el fósforo (P) y el nitrógeno (N) (Sadeghian y Díaz, 2020). La ligera acidez en algunas muestras puede mejorar la solubilidad de ciertos micronutrientes, mientras que un pH neutro optimiza la actividad microbiológica del suelo (Tosquy-Valle *et al.*, 2020).

Las concentraciones de amonio (14 – 23 mg/kg) se encuentran dentro de un rango adecuado para el crecimiento vegetal (Quinto-Mosquera *et al.*, 2022). Al ser una forma de nitrógeno disponible que puede ser absorbida directamente por las plantas, su incidencia tiende a ser beneficiosa (Merani *et al.*, 2022). A su vez, la presencia de amonio en niveles moderados sugiere un buen proceso de descomposición y transformación materia orgánica (Guo *et al.*, 2022).

El contenido de fósforo varía ampliamente, desde 27 mEq/ml hasta 191 mEq/ml, la disponibilidad de este elemento es crucial para el desarrollo radicular y la floración de las plantas (Marino y Morán, 2019). La muestra 2 presenta una particularidad por su contenido muy alto de fósforo, lo cual es beneficioso (Wang *et al.*, 2024). No obstante, en suelos con alto contenido de calcio este caso podría conducir a la fijación de fósforo en el suelo (Beltrán *et al.*, 2020).

Los niveles de potasio en las muestras (1,07 – 4,11 mEq/ml) son adecuados y sugieren una buena fertilidad del suelo para soportar cultivos exigentes en potasio, como los frutales y hortalizas (Murrell *et al.*, 2021). Gracias al potasio se regula el agua en las plantas y se favorece la activación de enzimas (Leguizamón *et al.*, 2024). Por otra parte, los valores de calcio

(16 – 17 mEq/ml) son moderados, este nutriente es esencial para la estructura celular y el desarrollo de las raíces. La consistencia de calcio en las muestras sugiere que el pH del suelo es estable (Wahba *et al.*, 2019).

Las concentraciones de magnesio (3,0 – 4,5 mEq/ml) son adecuados, ya que el magnesio es un componente vital de la clorofila y la fotosíntesis, mantener niveles dentro de este rango aseguran una buen crecimiento y fotosíntesis en las plantas (Wang *et al.*, 2020). Por otra parte, la materia orgánica (3,0 – 5,0 %) representa un factor determinante para evaluar la calidad del suelo (Kögel-Knabner *et al.*, 2021). Las muestras 1 y 2, con alta cantidad de MO, sugieren una buena estructura del suelo y elevada actividad microbiológica, lo cual es beneficioso para la retención de nutrientes y agua (Hoffland *et al.*, 2020).

Los porcentajes de carbono orgánico (1,7 – 2,9 %) y el nitrógeno total (0,1 – 0,24 %) en estas muestras indican una buena calidad del suelo (Solly *et al.*, 2020). A su vez, valores bajos de nitrógeno sugieren la necesidad de enmiendas para equilibrar la fertilidad (Deng *et al.*, 2021). No obstante, en este estudio los niveles están por encima del rango considerado como bajo (0,02 % - 0,1 %), lo que indica una riqueza favorable para el crecimiento de plantas y una alta productividad agrícola (Reda *et al.*, 2019).

La relación C/N es un buen indicador de descomposición del material orgánico (Xu *et al.*, 2020). En la Figura 3, se aprecia que dichos valores van entre 11,54 a 11,6. Una relación baja (menor a 12), señala un suelo con una rápida desintegración de la materia orgánica, lo que permite una liberación de nitrógeno rápidamente para las plantas (Deng *et al.*, 2020).

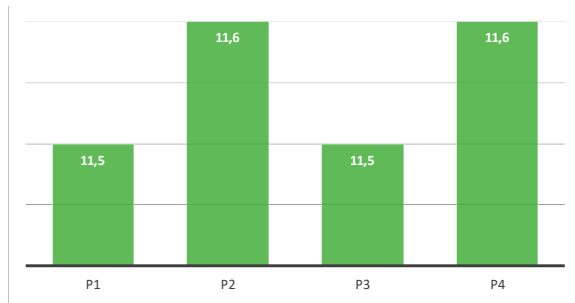


Figura 3. Georreferenciación de submuestras en zig – zag

La relación C/N desempeña un papel clave en la dinámica de los nutrientes del suelo, especialmente en donde las concentraciones de ambos elementos son bajas, en estos casos, una relación menor a 20 suele estar asociada con una mineralización más rápida del nitrógeno, lo que incrementa su disponibilidad inmediata para las plantas (Zhang *et al.*, 2019). Sin embargo, si bien esta disponibilidad favorece el crecimiento vegetal en el corto plazo, también puede generar pérdidas por lixiviación si no es aprovechada por los cultivos (Zhou *et al.*, 2019). Además, la incorporación de materia orgánica con baja relación C/N puede estimular la actividad microbiana de forma intensa (Hui *et al.*, 2021).

La parroquia Canoa, San Vicente, revela una rica diversidad de especies vegetales (Tabla 6), en las que prepondera la familia Fabaceae (Blandariz *et al.*, 2019). Este inventario es crucial para la gestión sostenible del recurso forestal (Laurent y Antra, 2022).

La presencia de especies como *Samanea saman* y *Prosopis juliflora*, que muestran alturas y volúmenes considerables, sugiere una cobertura vegetal densa que puede contribuir

significativamente a la preservación del suelo y disminución de erosión (Along *et al.*, 2024). El área basal y volumen de estas especies son indicativos de un buen almacenamiento de carbono, lo cual es crucial para la atenuación del cambio climático (Haq *et al.*, 2022). A su vez, el análisis del área basal en esta zona de estudio sugiere una diversidad estructural (Yanez *et al.*, 2018). En concordancia con Larrea *et al.* (2021), algunas especies destacan por su contribución a la biomasa y volumen total.

Cabe destacar que, las especies con mayor cobertura en sección transversal contribuyen significativamente a la biomasa del bosque, lo que implica una elevada eficiencia para retener carbono (Kranabetter *et al.*, 2020). A su vez, el área basal de las especies puede depender de varios factores, entre ellos el tipo de suelo, suministro de agua y competencia por luz y espacio (De Prado *et al.*, 2022). Las especies como el Samán suelen tener un mayor rol estructural en el ecosistema, lo que da lugar a un hábitat para diversas especies y regula el microclima (Uhl *et al.*, 2021).

El esquema ilustrado en la Figura 4 muestra el modelo de gestión implementado, mismo que integra la producción forestal y el pastoreo mediante un sistema agroforestal (S. A. F.) y silvopastoril. (Pérez-Lombardini *et al.*, 2021). Según explica Rodrigues *et al.* (2023), este modelo busca optimizar bienes y servicios ambientales a través de tres pilares interrelacionados: diseño, manejo forestal sostenible y monitoreo. La finalidad de estas características multidisciplinarias radica en la combinación eficiente de fundamentos teóricos y prácticas específicas (Agethen *et al.*, 2024).

Tabla 6. Inventario forestal de la zona de estudio

Nombre común	Nombre científico	Familia	Altura total (m)	Área basal (m²)	Volumen (m³)
Samán	<i>Samanea saman</i>	Mimosaceae	15	0,78	8,83
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	6	0,03	0,14
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	10	0,19	1,47
Caña	<i>Guadua angustifolia</i>	Poaceae	12	0,01	0,07
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	3	0,02	0,04
Limón	<i>Citrus limón</i>	Rutaceae	4	0,05	0,14
Espino	<i>Acacia macracantha</i>	Fabaceae	16	0,12	1,51
Cade	<i>Phytelephas aequatorialis</i>	Arecaceae	10	0,09	0,72
Muyuyo	<i>Cordia lutea</i>	Boraginaceae	16	0,03	0,37
Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>	Fabaceae	14	0,19	2,06

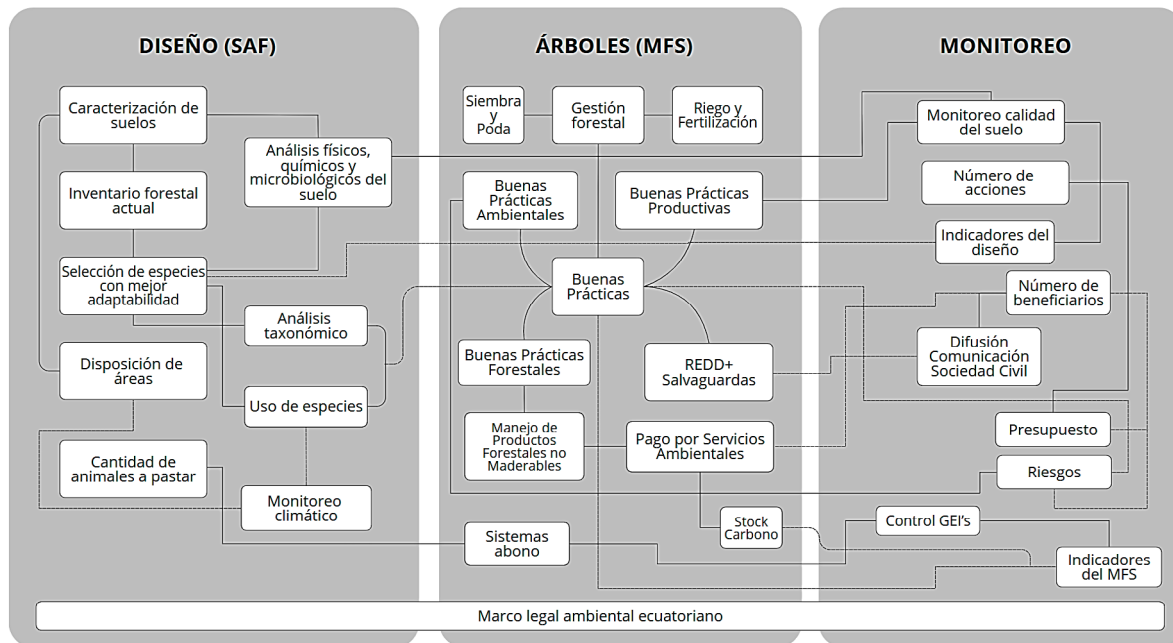


Figura 4. Modelo de gestión forestal sostenible

El diseño de un sistema silvopastoril sostenible es una tarea compleja que requiere un enfoque integral para asegurar su funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo (Chappa *et al.*, 2024). La caracterización de suelos marca el comienzo, ya que permite identificar las características estructurales, composicionales y microbiológicas que influirán en la selección de especies vegetales adecuadas (Lecegui *et al.*, 2022). Este conocimiento profundo del suelo no solo mejora la productividad, sino que también garantiza la salud y vitalidad del ecosistema (Sheppard *et al.*, 2020).

El inventario forestal actual es otro componente crítico, ya que ofrece una evaluación detallada de la condición del bosque (Knoke *et al.*, 2021). Cuando se eligen especies con mejor adaptabilidad a las condiciones locales se garantiza la sostenibilidad del sistema (DeRose *et al.*, 2019).

Es imprescindible destacar, que la disposición de áreas y el uso adecuado de especies permiten una planificación eficiente de pastoreo (Teague y Kreuter, 2020). A su vez, la cantidad de animales a pastar debe ser cuidadosamente considerada para evitar el sobrepastoreo (Dumont *et al.*, 2020). De no ser así, existe riesgo de degradar el suelo y reducir la biodiversidad, lo que compromete la sostenibilidad del sistema (Bratti *et al.*, 2022).

Por su parte, el estudio de las condiciones climáticas desempeña un papel vital, ya que permite ajustar las prácticas de manejo en respuesta a las variaciones del clima (Herman *et al.*, 2022). Al usar este medio, se asegura que tanto las especies vegetales como los animales estén bajo condiciones óptimas (Dwivedi *et al.*, 2022). Inclusive, la integración de estos componentes en el diseño de un sistema silvopastoril crea una estructura robusta y adaptable, capaz de soportar

desafíos ambientales y optimizar la utilización de los recursos (Singh *et al.*, 2023).

El componente de manejo forestal sostenible se centra en las prácticas de cuidado y producción de los árboles en el sistema silvopastoril (Banco Mundial, 2021). Los elementos clave incluyen la siembra poda, gestión forestal, riego y fertilización, buenas prácticas ambientales y productivas, REDD+ y salvaguardas, pagos por servicios ambientales, manejo de recursos no forestales y sistemas de abono (Ayala Cifuentes, 2023).

Ante todo, el manejo forestal sostenible (M. F. S.) dentro de los entornos silvopastoriles destaca como un enfoque holístico que promueve la conservación del ecosistema, mientras que también optimiza la producción agrícola y pecuaria (Mateolli, 2020). Por tanto, las prácticas de siembra y poda se convierten en herramientas esenciales para manejar el equilibrio entre la cobertura arbórea y la productividad del sotobosque (Larbodièrre *et al.*, 2020). Es así como se facilita el flujo de luz hacia el suelo, de manera que mejore la producción de forraje (Leite *et al.*, 2023).

Con respecto a, la gestión forestal en sistemas silvopastoriles incorpora un enfoque holístico, en el cual la rotación de cultivos y el equilibrio entre áreas forestales y de pastoreo son componentes clave (De Faccio Carvalho *et al.*, 2024). Estas prácticas mitigan los impactos de la sobreexplotación y la degradación ambiental (Haddad *et al.*, 2022). Al complementarse con técnicas de riego y fertilización, estas estrategias incrementan significativamente la productividad en climas secos o de condiciones variables (Varese *et al.*, 2024). La gestión de recursos forestales no madereros y los sistemas de abono potencian ingresos adicionales, al tiempo

que permiten mejora de los recursos naturales (Veloza y Morales, 2021). El monitoreo en los sistemas silvopastoriles representa un eje fundamental para garantizar tanto la sostenibilidad ecológica como la productividad del sistema (Cassani *et al.*, 2022). Una de las principales áreas de atención es la calidad del suelo, cuyo monitoreo continuo permite identificar cambios en su fertilidad y estructura (Aryal *et al.*, 2022). En consecuencia, se facilita la implementación de ajustes oportunos en la gestión, y así evitar la degradación y se asegure que el suelo mantenga su capacidad para soportar la biodiversidad y la producción agrícola (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

Otro aspecto clave, es el monitoreo de las acciones implementadas y su impacto en los beneficiarios evalúa tanto el alcance como la efectividad del sistema (Ordoñez, 2021). Por otra parte, la difusión de los beneficios del sistema hacia la sociedad civil también constituye una dimensión crítica (Aryal *et al.*, 2022). La comunicación efectiva promueve una mayor aceptación y colaboración por parte de las comunidades y otras partes interesadas (Blandariz *et al.*, 2019).

Finalmente, el monitoreo de los presupuestos y riesgos asociados resulta fundamental para garantizar la viabilidad financiera del proyecto (Ayala Cifuentes, 2023). Aspectos como el control de sequías, incendios y plagas, junto con el seguimiento de emisiones sobre todo de los gases de efecto invernadero y el almacenamiento de carbono, reflejan el impacto ambiental del sistema (Varese *et al.*, 2024). Cuantificar la contribución a la reducción de emisiones posiciona a los sistemas silvopastoriles como herramientas efectivas para enfrentar el cambio climático (Soto, 2021).

Conclusiones

El estudio fisicoquímico de los suelos silvopastoriles de la finca “La Florida” evidencia una estructura favorable con buena oxigenación y capacidad para retener humedad. Los niveles de nutrientes esenciales y la proporción carbono/nitrógeno destacan la fertilidad del suelo, aunque las diferencias entre muestras indican áreas que requieren manejo específico. Estos resultados proporcionan un punto de partida esencial para planificar un manejo sostenible y mejorar la productividad agrícola y forestal.

Se identificaron especies clave como *Samanea saman* y *Prosopis juliflora* que contribuyen al almacenamiento de carbono y a la estabilidad ecológica. Sin embargo, se identifican signos de degradación en ciertas áreas, lo que deriva en la necesidad de intervenciones para reforzar la interacción positiva entre la vegetación y las actividades ganaderas.

El modelo de gestión forestal propuesto integra prácticas agroforestales, rotación de cultivos y monitoreo continuo, lo que permite combinar la producción agrícola con la conservación ambiental. Al enfocarse en estrategias como el pastoreo controlado y la inclusión de mecanismos como

REDD+, se promueve la sostenibilidad a largo plazo del suelo y los recursos forestales, de manera que se aseguren los beneficios ecológicos, económicos y sociales para las comunidades locales.

Referencias bibliográficas

- Abreu, A., Ferraz, G., Morais, R., Bento, N., Conti, L., Bambi, G. y Ferraz, P. (2024). Uso de análisis geoestadísticos para áreas de producción de trigo a través de las variables NDVI, temperatura superficial y rendimiento. *Agronomy*, 22(10), 1-17. <https://flore.unifi.it/handle/2158/1358080>
- Agethen, K., Mauricio, R. M., Deblitz, C., Izquierdo, M., Reyes, E. y Chará, J. (2024). Perspectivas futuras de la producción de carne brasileña: ¿cuál es el papel de los sistemas silvopastorales? *Agroforest Syst*, 98(7), 2179–2196. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01005-7>
- Along, A., Orboc, D. y Calagui, L. (2024). Floristic Inventory, Diversity, and Community Structure of the Riparian and Coastal Sand Dune Landscapes in the Lower Padsan River Basin, Laoag City, Ilocos Norte, Philippines. *Journal of Ecosystem Science and Eco-Governance*, 6(1), 20–33. <https://doi.org/10.54610/jeseg.v6i1.85>
- Aryal, D. R., Morales-Ruiz, D. E., López-Cruz, S., Tondopó-Marroquín, C. N., Lara-Nucamendi, A., Jiménez-Trujillo, J. A., Pérez-Sánchez, E., Betanzos-Simon, J. E., Casasola-Coto, F., Martínez-Salinas, A., Sepúlveda-López, C. J., Ramírez-Díaz, R., La o Arias, M. A., Guevara-Hernández, F., Pinto-Ruiz, R. y Ibrahim, M. (2022). Silvopastoral systems and remnant forests enhance carbon storage in livestock-dominated landscapes in Mexico. *Scientific Reports*, 12(1), 16769. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-21089-4>
- Augusto, L. y Boča, A. (2022). Los rasgos funcionales de los árboles, la biomasa forestal y la diversidad de especies de árboles interactúan con las propiedades del sitio para impulsar el carbono del suelo forestal. *Nat Commun*, 13(1), 1097. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28748-0>
- Ayala Cifuentes, M., (2023). *Crecimiento, producción y captura de carbono aéreo, de Centrolobium ochroxylum Rose ex Rudd en sistemas silvopastoriles, Costa baja del Ecuador*. [Tesis de posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9865>
- Banco Mundial. (2021). *Plan de acción de género: Programa de Reducción de Emisiones de REDD+ República Dominicana*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2024, de Biblioteca Virtual de Educación Ambiental: <https://bvearmb.do/handle/123456789/1659>

- Beltrán-Morales, FA, Nieto-Garibay, A., Murillo-Chollet, J., Ruiz-Espinoza, F., Troyo-Díeguez, E., Alcalá-Jáuregui, J. y Murillo-Amador, B. (2019). Contenido de nitrógeno inorgánico, fósforo y potasio de fertilizantes naturales para uso en agricultura orgánica. *Revista Terra Latinoamericana*, 37(4), 371–378. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Blandariz, S., Sáenz-Véliz, R. y Coronel Ponce, D. (2019). Biodiversidad como indicador de sostenibilidad para la gestión ambiental enfocada al turismo, Manabí, Ecuador. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria*, 3(3), 137-154. <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesciencias/article/view/164>
- Bratti, F., Locatelli, J., Ribeiro, R., Besen, M., Dieckow, J., Bayer, C. y Piva, J. (2022). Emisiones de óxido nítrico y metano afectadas por el pastoreo y la fertilización nitrogenada en un sistema integrado de cultivo y ganadería. *Geoderma*, 425, 116027. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706122003342>
- Brown, S., Biswas, A., Caron, J., Dick, M. y Bing, S. (2021). *Física del suelo*. https://geo.libretexts.org/Bookshelves/Soil_Science/Digging_into_Canadian_Soils%3A_An_Introduction_to_Soil_Science/01%3A_Digging_In/1.04%3A_Soil_Physics
- Călina, J., Călina, A., Ianco, T. y Vangu, M. (2022). Investigación sobre el uso de escaneo aéreo y SIG en el diseño de obras de extensión de la producción agrícola sostenible en una finca agroturística en Rumania. *Sustainability*, 14(21), 14219. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/14219>
- Cassani, S., Mancera, K., Canul, J., Aviles, L., Solorio, J., Guereca, P. y Galindo, F. (2022). Evaluación del desempeño sostenible de sistemas silvopastoriles nativos e intensivos en el trópico mexicano usando el marco metodológico MESMIS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3). <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3556>
- Castellanos, A. (2022). *Sistemas Silvopastoriles. ¿Qué son? y Tipos. Ventajas*. <https://naturaleza.animalesbiologia.com/ecologia/sistemas-silvopastoriles>
- Céspedes Flores, E., Rey Montoya, T., Mónaco, I. y Fernández López, C. (2021). Stock de fósforo, nitrógeno y carbono en suelo del Chaco semiárido con diferentes usos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 41(2), 99-106. https://www.researchgate.net/publication/377082744_Stock_de_fosforo_nitrogeno_y_carbono_en_suelo_del_Chaco_semiarido_con_diferentes_usos
- Chappa, L. R., Nungula, E. Z., Makwinja, Y. H., Ranjan, S., Sow, S., Alnemari, A. M., Maitra, S., Seleiman, M. F., Mwadalu, R. y Gitari, H. I. (2024). Outlooks on Major Agroforestry Systems. En *Outlooks on Major Agroforestry Systems* (pp. 21-48). <https://doi.org/10.1002/9781394231164.ch2>
- De Faccio Carvalho, P. C., Da Silveira Pontes, L., Barro, R. S., Simões, V. J. L. P., Dominschek, R., Cargnelutti, C. D. S., Mauricio, R. M., De São José, J. F. B. y Bremm, C. (2024). Integrated crop-livestock-forestry systems as a nature-based solution for sustainable agriculture. *Agroforestry Systems*, 98(7), 2309-2323. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01057-9>
- De Prado, D., Riofrio, J., Aldea, J., Bravo, F. y De Aza, C. (2022). Competencia e influencia del clima en los modelos de incremento del área basal de los bosques mixtos mediterráneos. *Ecología y Gestión Forestal*, 506, 119955. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119955>
- Delgado, A. y Gómez, J. (2017). The Soil. Physical, Chemical and Biological Properties. En Villalobos, F., Fereres, E. (eds) *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture* (pp. 15-26). https://doi.org/10.1007/978-3-319-46116-8_2
- Deng, L., Peng, C., Gill-Kim, D., Li, J., Liu, Y., Hai, X. y Kuzyakov, Y. (2021). Efectos de la sequía en la dinámica del carbono y el nitrógeno del suelo en los ecosistemas naturales globales. *Earth-Science Reviews*, 214, 103501. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103501>
- Deng, X., Ma, W., Ren, Z., Zhang, M., Grieneisen, M., Chen, X. y Lv, X. (2020). Tendencias espaciales y temporales del nitrógeno total del suelo y la relación C/N para las tierras de cultivo del este de China. *Geoderma*, 361, 114035. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114035>
- Dumont, B., Puillet, L., Martin, G., Ingrand, S., Niderkorn, V., Steinmetz, L. y Thomas, M. (2020). Incorporar diversidad a los sistemas de producción animal puede aumentar su rendimiento y fortalecer su resiliencia. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 4, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00109>

- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Grover, P., Abbas, R., Andreini, D., Abumoghli, I., Barlette, Y., Bunker, D., Kruse, L. C., Constantiou, I., Davison, R. M., De, R., Dubey, R., Fenby-Taylor, H., Gupta, B., He, W., Kodama, M., . . . Wade, M. (2022). El cambio climático y la COP26: ¿Las tecnologías digitales y la gestión de la información son parte del problema o de la solución? Una reflexión editorial y un llamado a la acción. *International Journal Of Information Management*, 63, 102456. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102456>
- Fattani, S., Forka, C., García, M., Huynh, T. y Merricks, T. (2021). Soil Moisture and Porosity Affects the Abundance and Soil Moisture and Porosity Affects the Abundance and Distribution of *Ageratum houstonianum* Distribution of *Ageratum houstonianum*. *Pursue: Undergraduate Research Journal*, 4(1), 1-18. <https://digitalcommons.pvamu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=pursue>
- Guo, P., Yang, L., Kong, D. y Zhao, H. (2022). Efectos diferenciales de la adición de amonio y nitrato sobre la biomasa microbiana del suelo, las actividades enzimáticas y el carbono orgánico en un bosque templado del norte de China. *Plant And Soil*, 481(1-2), 595-606. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05663-3>
- Haddad, F., Herrera, P. y Besbes, B. (2022). *Grazing with trees: A silvopastoral approach to managing and restoring drylands*. Editorial FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2280en>
- Haq, S., Rashid, A., Calixto, E., Ali, A., Kumar, M., Srivastava, G. y Khuroo, A. (2022). Desentrañar patrones de reservas de carbono forestal a lo largo de un amplio gradiente altitudinal en el Himalaya: implicaciones para la mitigación del cambio climático. *Forest Ecology And Management*, 521, 120442. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120442>
- Heredia, A. (2020). Políticas de fomento para la incorporación de las tecnologías digitales en las micro, pequeñas y medianas empresas de América Latina: revisión de experiencias y oportunidades. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/deed0786-81fb-48cf-85e5-c2fab0685e0c>
- Herman, J., Quinn, J., Steinschneider, S., Giuliani, M. y Fletcher, S. (2022). La adaptación climática como problema de control: revisión y perspectivas sobre la planificación dinámica de los recursos hídricos en condiciones de incertidumbre. *Water Resources Research*, 56(2). <https://doi.org/10.1029/2019WR025502>
- Hoffland, E., Kuyper, T., Comans, R. y Creamer, R. (2020). Ecofuncionalidad de la materia orgánica en los suelos. *Plant And Soil*, 455(1-2), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9>
- Hui, D., Yang, X., Deng, Q., Liu, Q., Wang, X., Yang, H. y Ren, H. (2021). Estequiometría C:N:P del suelo en bosques tropicales de la isla de Hainan en China: variaciones espaciales y verticales. *CATENA*, 201, 105228. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105228>
- Hurtado, A. C., Traspadini, E. I. F., De Sousa, F. B. F., Marchioro, V., Oliveira, L. S. S., Santos, L. C., Vicedo, D. O., Calzada, K. P. y Cazzeta, J. O. (2023). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos ácidos con la aplicación de vinaza: *Revista internacional de contaminación ambiental*, 39, 461-471. <https://doi.org/10.20937/rica.54554>
- Ivanchuk, N. (2021). *Agricultura Regenerativa: Camino A Un Futuro Seguro*. <https://eos.com/es/blog/agricultura-regenerativa>
- Knoke, T., Kindu, M., Schneider, T. y Gobakken, T. (2021). Inventario de atributos forestales para apoyar la integración de los servicios ecosistémicos no relacionados con el abastecimiento y la biodiversidad en la planificación forestal: desde la recopilación de datos hasta el suministro de información. *Current Forestry Reports*, 7(1), 38-58. <https://doi.org/10.1007/s40725-021-00138-7>
- Kögel-Knabner, I. y Amelung, W. (2021). Materia orgánica del suelo en los principales grupos de suelos pedogénicos. *Geoderma*, 384, 114785. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114785>
- Kogut, E. (2023). *Degradación Del Suelo: Técnicas Para Evitar Sus Efectos*. Obtenido de Eos.com: <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo>
- Kranabetter, M., Sholinder, A. y De Montigny, L. (2020). Comparación de la productividad de las especies de coníferas en relación con la estequiometría del carbono, nitrógeno y fósforo del suelo en los bosques tropicales perhúmedos de Columbia Británica. *Biogeosciences*, 17(5), 1247-1260. <https://doi.org/10.5194/bg-17-1247-2020>
- Larbodiére, L., Davies, J., Schmidt, R., Magero, C., Vidal, A., Arroyo Schnell, A., Bucher, P., Maginnis, S., Cox, N., Hasinger, O., Abhilash, P.C., Conner, N., Westerberg, V. y Costa, L. (2020). *Punto de encuentro: restaurar la salud de las tierras para una agricultura sostenible*. Gland, Suiza: UICN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-023-Es.pdf>
- Vargas-Larreta, B., López-Martínez, J. O., González, E. J., Corral-Rivas, J. J. y Hernández, F. J. (2021). Evaluación de las relaciones entre la biomasa aérea y la diversidad funcional en bosques templados del norte de México. *Forest Ecosystems*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00282-3>

- Lecegui, A., Olaizola, A. y Varela, E. (2022). Desentrañar el papel de las prácticas de gestión en la prestación de servicios ecosistémicos en los sistemas silvopastorales mediterráneos: sinergias y compensaciones mediante una evaluación basada en expertos. *Forest Ecology And Management*, 517, 120273. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120273>
- Resquín, A. L., Candado, A. B., Quintana, L. R. F., Fleitas, C. A. Q., Gonzales, M. A. S. y Lovera, E. D. M. R. D. (2024). Efecto de la fertilización potásica y arreglos espaciales en la producción de tomate (*lycopersicon esculentum* mill). *Revista Alfa*, 8(22), 29-40. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.245>
- Leite, F. F. G. D., Nóbrega, G. N., Baumgärtner, L. C., Alecrim, F. B., Da Silveira, J. G., Cordeiro, R. C. y De Aragão Ribeiro Rodrigues, R. (2023). Greenhouse gas emissions and carbon sequestration associated with Integrated Crop–Livestock–Forestry (ICLF) systems. *Environmental Reviews*, 31(4), 589-604. <https://doi.org/10.1139/er-2022-0095>
- Pérez-Lombardini, F., Mancera, K. F., Suzán, G., Campo, J., Solorio, J. y Galindo, F. (2021). Evaluación de la sustentabilidad en sistemas silvopastoriles de ganado en los trópicos mexicanos utilizando el marco SAFA. *Animals*, 11(1), 109. <https://doi.org/10.3390/ani11010109>
- Marino, D. y Morán, J. (2019). ¿Puede el estrés por amonio ser positivo para el rendimiento de las plantas? *Frontiers In Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01103>
- Mateolli, F. (2020). *Agricultura climáticamente inteligente (CSA): un enfoque integrado para la gestión del cambio climático en el sector agrícola*. En Springer eBooks (pp. 1-29). https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_148-1
- Merani, V., Millan, G., Ferro, D., Larrieu, L., Bennardi, D., Polich, N., Juan, L. y Bongiorno, F. M. (2022). Comparación de metodologías de determinación de la conductividad eléctrica y concentración iónica en suelos de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR*, 34, e003. <https://doi.org/10.35305/agro34.277>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador [MAGA P]. (2022). *Un mapa permite conocer la situación de los suelos en Ecuador*. <https://www.agricultura.gob.ec/un-mapa-permite-conocer-la-situacion-de-los-suelos-en-ecuador/>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2016). *Bosques para el buen vivir- Plan de acción REDD+ Ecuador*. https://redd.unfccc.int/media/plan_accion_redd.pdf
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA]. (2020). *Guía para el Manejo Forestal*. Nicaragua. <https://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/2020/07/7-Gu%C3%ADa-para-el-Manejo-Forestal-PDF.pdf>
- Murrell, S., Mikkelsen, R. L., Sulewski, G., Norton, R., y Thompson, M. (2021). *Mejorando Potasio recomendaciones para la agricultura*. En Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7>
- Numbere, A. (2022). Aplicación de SIG y teledetección a la gestión de recursos forestales en los manglares del delta del Nígeria. En Jhariya, M. K., Meena, R. S., Banerjee, A. y Meena, S. N. (Eds.) *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability* (pp. 433-459). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822976-7.00024-7>
- Ocampo, L., Osorio, W., Martínez, J. y Cabrera, K. (2023). Indicadores químicos de la salud del suelo en sistemas silvopastoriles, bosques de restauración y cultivo de maíz en un bosque seco tropical. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 11(3), 220-232. [https://doi.org/10.17138/tgft\(11\)220-232](https://doi.org/10.17138/tgft(11)220-232)
- Ordoñez, M. (2021). *Cómo evaluamos las acciones implementadas por Alianzas entre múltiples interesados para el desarrollo sostenible?*. <https://n9.cl/q2oq6>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). *Suelos sanos para una población y un planeta sanos: la FAO pide revertir la degradación del suelo*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/agriculture-soils-degradation-FAO-GFFA-2022/en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *Portal de Suelos de la FAO*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Quinto-Mosquera, H., Ayala-Vivas, G. y Gutiérrez, H. (2022). Contenido de nutrientes, acidez y textura del suelo en áreas degradadas por la minería en el Chocó biogeográfico. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 46(179), 514-528. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1615>
- Reda, R., Saffaj, T., Ilham, B., Saidi, O., Issam, K., Brahim, L. y El Hadrami, E. (2019). Un estudio comparativo entre un nuevo método y otros algoritmos de aprendizaje automático para la predicción del carbono orgánico del suelo y el nitrógeno total mediante espectroscopia de infrarrojo cercano. *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems*, 195, 103873. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2019.103873>

- Reyna-Bowen, L., Fernandez-Rebollo, P. y Fernández-Habas, J. (2020). Influencia de la gestión de los árboles y del suelo en las reservas y depósitos de carbono orgánico del suelo en sistemas de dehesas. *CATENA*, 190, 104511. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104511>
- De Aragão Ribeiro Rodrigues, R., Ferreira, I. G. M., Da Silveira, J. G., Da Silva, J. J. N., Santos, F. M. y Da Conceição, M. C. G. (2023). *Sistemas de integración agricultura-ganadería-bosque como estrategia de producción sustentable en Brasil*. En *Environment & policy* (pp. 165-182). https://doi.org/10.1007/978-3-031-29853-0_9
- Sadeghian-Khalajabadi, S. y Díaz-Marín, C. (2020). Corrección de la acidez del suelo: Alteraciones químicas del suelo. *Cenicafé*, 71(1), 7-20. https://www.researchgate.net/publication/342688096_Correccion_de_la_acidez_del_suelo_alteraciones_quimicas_del_suelo
- Saucedo, G y Arenas, L. (2023). *Cambio de propiedades químicas del suelo en zona boscosa, sistemas agroforestal, agrícola y pastoril Calzada – Moyobamba*. [Tesis de posgrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1933>
- Sheppard, J. P., Reckziegel, R. B., Borrass, L., Chirwa, P. W., Cuaranhua, C. J., Hassler, S. K., Hoffmeister, S., Kestel, F., Maier, R., Mälicke, M., Morhart, C., Ndlovu, N. P., Veste, M., Funk, R., Lang, F., Seifert, T., Du Toit, B. y Kahle, H. (2020). Agroforestry: An Appropriate and Sustainable Response to a Changing Climate in Southern Africa? *Sustainability*, 12(17), 6796. <https://doi.org/10.3390/su12176796>
- Singh, B. K., Delgado-Baquerizo, M., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J. E., Liu, H. y Trivedi, P. (2023). Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*, 21(10), 640-656. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00900-7>
- Silva-Olaya, A. M., Olaya-Montes, A., Polanía-Hincapié, K. L., Cherubin, M. R., Duran-Bautista, E. H. y Ortiz-Morea, F. A. (2021). Los sistemas silvopastoriles mejoran la salud del suelo en la región amazónica. *Sustainability*, 14(1), 320. <https://doi.org/10.3390/su14010320>
- Solly, E., Weber, V., Zimmermann, S., Walthert, L., Hagerdorn, F. y Schmidt, M. (2020). Una evaluación crítica de la relación entre la capacidad efectiva de intercambio catiónico y el contenido de carbono orgánico del suelo en suelos forestales suizos. *Frontiers In Forests And Global Change*, 3. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00098>
- Soto-Mora, E., Hernández, M., Lunas, H., Ortiz, E. y García, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 98-105. <http://www.reibci.org/publicados/2016/oct/1800105.pdf>
- Soto, P. (J 2021). *Evaluación de éxito de un proyecto de restauración en sistema pastoril silvícola en Villagrán, Tamaulipas*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/21812/1/21812.pdf>
- Teague, R. y Kreuter, U. (2020). Manejo del pastoreo para restaurar la salud del suelo, la función y los servicios ecosistémicos. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.534187>
- Tosquy-Valle, O. H., Zetina-Lezama, R., López-Salinas, E., Ibarra-Pérez, F. J., Villar-Sánchez, B. y Rodríguez-Rodríguez, J. R. (2020). Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 91-102. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>
- Uhl, B., Pouska, V., Cervenka, J., Karasch, P. y Bassler, C. (2021). *Conservación de la biodiversidad en los bosques de Europa Central: un concepto para silvicultores y responsables políticos*. <https://n9.cl/bhe3sz>
- Varese, P., Spinelli, E. y Goracci, J. (2024). *Silvopastoralismo, ordenamiento forestal y conservación de la naturaleza: propuestas para estrategias de gestión sostenible*. <https://www.intechopen.com/online-first/89568>
- Veloza, R. y Morales, J. (2021). *Fortaleciendo el financiamiento para el manejo sostenible de bosques en América latina y el Caribe a través de los Fondos Forestales Nacionales*. <https://openknowledge.fao.org/items/da513196-b8a7-4fbf-9f61-6a20f45a448c>
- Vera-Macías, L. R., Hernández-Jiménez, A., Mesías-Gallo, F. W., Cedeño-Sacón, Á. F., Guzmán-Cedeño, Á. M., Ormaza-Cedeño, K. P. y López-Alava, G. A. (2019). Principales suelos y particularidades de su formación del sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 40(2), 06. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193262825006>
- Wahba, M., Labib, F. y Zaghloul, A. (2019). Manejo de Suelos Calcáreos en Región Árida. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 2(5), 248-258. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijepem/issue/54370/789221>
- Wang, H., Yan, Z., Chen, Z., Song, X., Zhang, J., Li, S., Müller, C., Ju, X. y Zhu-Barker, X. (2024). La inmovilización microbiana de amonio promovió la retención de nitrógeno en el suelo en condiciones de alta humedad en suelos fluvoacuicos gestionados intensivamente. *Biol Fertil Soils*, 61(3), 641–651. <https://doi.org/10.1007/s00374-024-01831-y>
- Wang, Z., Mahmood, U., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F. y Li, X. (2020). La fertilización con magnesio mejora el rendimiento de los cultivos en la mayoría de los sistemas de producción: un metanálisis. *Frontiers In Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>

- Wurtzebach, Z., DeRose, R. J., Bush, R. R., Goeking, S. A., Healey, S., Menlove, J., Pelz, K. A., Schultz, C., Shaw, J. D. y Witt, C. (2019). Supporting National Forest System Planning with Forest Inventory and Analysis Data. *Journal Of Forestry*, 118(3), 289-306. <https://doi.org/10.1093/jofore/fvz061>
- Xu, Z., Zhang, T., Wang, S. y Wang, Z. (2020). El pH del suelo y la relación C/N determinan las variaciones espaciales en las comunidades microbianas del suelo y las actividades enzimáticas de los ecosistemas agrícolas en el noreste de China: caso de la provincia de Jilin. *Applied Soil Ecology*, 155, 103629. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103629>
- Yanez, W. Á., Pomboza-Tamaquiza, P., Valle-Velastegui, L., Villacis, L. y Frutos, V. (2018). Evualación de los bioindicadores de calidad del suelo en tres zonas altitudinales de Tunguragua, Ecuador. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 21(1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.2593>
- Yantas, K. (2022). *Estimación del nivel de captura de dióxido de carbono del eucalipto (Eucalyptus globulus), Ciprés (Cupressus macrocarpa) y Pino (Pinus radiata), en la localidad de Huariaca, Pasco - 2019*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6528187>
- Zhang, Y., Wang, J., Dai, S., Zhao, J., Huang, X., Sun, Y., Chen, J., Cai, Z. y Zhang, J. (2019). El efecto de la relación C:N sobre la nitrificación heterótrofa en suelos ácidos. *Soil Biology And Biochemistry*, 137, 107562. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107562>
- Zhou, G., Xu, S., Ciais, P., Manzoni, S., Fang, J., Yu, G., Tang, X., Zhou, P., Wang, W., Yan, J., Wang, G., Ma, K., Li, S., Du, S., Han, S., Ma, Y., Zhang, D., Liu, J., Liu, S., . . . Chen, X. (2019). El clima y la relación C/N de los desechos limitan la acumulación de carbono orgánico en el suelo. *National Science Review*, 6(4), 746-757. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwz045>

