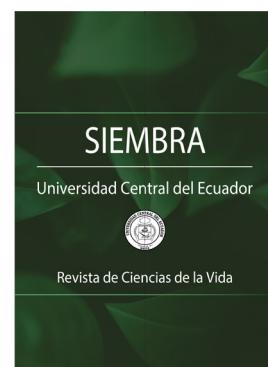


Sostenibilidad en sistemas agroforestales: Casos de estudio del Cantón Santo Domingo

Sustainability in agroforestry systems: Case studies from the Santo Domingo canton

Julio César Muñoz-Rengifo¹, Madelyn Nicol Moyano Zambrano²,
Marcelo Luna³, Juan José Reyes-Pérez⁴, Marco Heredia-R⁵,
Segundo Bolier Torres Navarrete⁶



Siembra 12 (2) (2025): e7429

Recibido: 05/11/2024 / Revisado: 04/12/2024 / 28/04/2025 / Aceptado: 16/07/2025

¹ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Tierra. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.
✉ jmunoz@uea.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0002-1580-4285>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Central, Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Los Ríos, Ecuador.
✉ jmunozr@uteq.edu.ec

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Central, Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Los Ríos, Ecuador.
✉ mmoyanoz2@uteq.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0009-0002-2610-2112>

³ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Tierra. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.
✉ mlnuna@uea.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0002-9521-353X>

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Central, Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Los Ríos, Ecuador.
✉ jreyes@uteq.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Quevedo, Ecuador.
✉ mherediar@uteq.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0002-6039-341>

⁶ Universidad Estatal Amazónica. Departamento Ciencias de la Vida. Km 2 ½ vía Puyo – Tena, 160150. Puyo, Pastaza, Ecuador.
✉ btorres@uea.edu.ec
✉ <https://orcid.org/0000-0002-9182-419X>

* Autor de correspondencia: jmunoz@uea.edu.ec

Resumen

El estudio se centra en proponer asociaciones agroforestales mediante la caracterización y evaluación de la sostenibilidad de fincas en el cantón Santo Domingo, que promuevan su viabilidad a largo plazo y contribuyan al desarrollo rural sostenible de la región, donde la agricultura y ganadería son vitales para la economía local. La metodología no experimental utilizada incluyó observación directa, análisis documental y encuestas, considerando las dimensiones económica, ambiental y social de la sostenibilidad. Los resultados indicaron que solo el 20% de las fincas son completamente sostenibles, cumpliendo con los tres indicadores de sostenibilidad y alcanzando un índice general igual o superior a dos. Cuatro fincas se clasificaron como sostenibles: tres en la parroquia Puerto Limón y una en Valle Hermoso, mientras que el resto del cantón refleja una proporción limitada de sostenibilidad integral en sus fincas. En términos de ingresos, las fincas dependen principalmente de la venta de cacao y plátano, mientras que los egresos se destinan a insumos, herramientas, transporte y capital humano ocasional. Entre las limitaciones socioeconómicas más destacadas se encuentran la baja escolaridad y el riesgo económico; a nivel productivo, los desafíos incluyen una diversidad limitada de cultivos y la pérdida de nutrientes del suelo. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de estrategias que fortalezcan la sostenibilidad de la producción agrícola y ganadera, mejorando la resiliencia y la cohesión social en la comunidad. Las asociaciones agroforestales propuestas tienen el potencial de optimizar el uso de recursos, fomentar la biodiversidad y asegurar un futuro más viable para estas comunidades rurales.

Palabras clave: evaluación de sostenibilidad, sistemas agroforestales, desarrollo rural sostenible.

Abstract

The study focuses on proposing agroforestry associations to characterize and evaluate the sustainability of farms in the Santo Domingo canton. This approach could promote the farm's long-term viability and contribute to the region's sustainable rural development, as agriculture and livestock are vital to the local economy. The non-experimental methodology



employed included direct observation, documentary analysis, and surveys, that addressed the economic, environmental, and social dimensions of sustainability. The results showed that only 20% of the farms are fully sustainable, meeting all three sustainability indicators and achieving an overall index of at least two. Four farms were classified as sustainable: three in the Puerto Limón parish and one in Valle Hermoso. The remaining farms in the canton reflect a limited proportion of integral sustainability. In terms of income, farms primarily rely on the sale of cocoa and plantains. Expenditures are allocated to inputs, tools, transportation, and occasional labor. The most significant socioeconomic limitations identified were low education levels and economic risk, while the main challenges identified at the production level were limited crop diversity and soil nutrient depletion. These findings underscore the urgent need for strategies that strengthen the sustainability of agricultural and livestock production and enhance community resilience and social cohesion. Proposed agroforestry associations could optimize resource use, foster biodiversity, and ensure a more viable future for these rural communities.

Keywords: sustainability assessment, agroforestry systems, sustainable rural development.

1. Introducción

La agricultura y la ganadería son pilares fundamentales de la economía rural en Ecuador, especialmente en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, donde aproximadamente el 60% de las Unidades Productivas Agrícolas [UPA] abarcan entre 20 y 50 hectáreas (Anzules et al., 2018). Sin embargo, a pesar de su importancia, estos sectores enfrentan serios desafíos. La falta de una evaluación integral que abarque las dimensiones económica, ecológica y social dificulta la toma de decisiones informadas y obstaculiza la implementación de prácticas adecuadas, poniendo en riesgo su sostenibilidad a largo plazo (Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza, 2022; Corral Zambrano et al., 2021). Esta situación se agrava en un contexto de recursos naturales limitados y creciente presión sobre los ecosistemas. Por tanto, resulta urgente identificar y promover sistemas agroforestales sostenibles que puedan implementarse para contribuir al desarrollo rural en la región.

Estos sistemas, que integran árboles con cultivos agrícolas y/o ganadería, ofrecen múltiples beneficios, incluyendo la mejora de la biodiversidad, la conservación del suelo y el aumento de la resiliencia frente a fenómenos climáticos adversos (Montagnini et al., 2015; Muñoz-Rengifo et al., 2021). Además, se ha demostrado que las asociaciones agroforestales pueden optimizar el uso de los recursos naturales, promoviendo prácticas que benefician tanto el bienestar económico de los productores agropecuarios como la salud del medio ambiente (Anzules et al., 2018). Cuando están bien gestionados, estos sistemas de producción permiten mejorar la calidad de vida de los agricultores y las condiciones de vida en la región. Sin embargo, para realizar una planificación adecuada, es fundamental conocer su composición y estado actual.

Existen diversos criterios para clasificar los sistemas agroforestales, como los de Alcívar-Torres et al. (2019), pudiendo clasificarse en tres tipos:

- Agrosilvicultura: combinación de cultivos agrícolas y leñosos, como árboles en cultivos agrícolas, cultivos en callejones entre árboles, entre otros.
- Silvopastoril: combinación de cultivos forestales o plantaciones con forrajes y alimentos para la cría de animales. Incluye prácticas como árboles maderables o frutales dispersos en potreros, producción animal bajo plantaciones forestales o frutales, praderas en callejones de árboles, cercas vivas, barreras vivas y cortinas rompevientos.
- Agrosilvopastoril: integración de cultivos agrícolas, plantaciones forestales y cría de animales.

Además, para clasificar las prácticas en los sistemas agroforestales, existen diferentes propuestas, como las de Alcívar-Torres et al. (2019), o de Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022). Y, existen varias metodologías para evaluar la sostenibilidad de los Sistemas agroforestales, tales como la *Evaluación de sostenibilidad* (Sarandón et al., 2014), el *Marco de Evaluación de la Sostenibilidad de la agricultura y el Medio Ambiente* [SAFE] (Van Cauwenbergh et al., 2007), la *Evaluación de la Sostenibilidad para la agricultura y la alimentación* [SAFA] (Organización de las Naciones unidad para la agricultura y Alimentación [FAO], 2014). Otras herramientas son la *Evaluación de Sistemas de Gestión de Recursos Naturales* [MESMIS] (da Silveira Nicoloso et al., 2018), los *Indicadores de Sostenibilidad en Explotaciones agrícolas* [IDEA] (Zahm et al., 2008), la *Herramienta de Monitoreo para la Sostenibilidad Agrícola Integrada* [MOTIFS] (Meul et al., 2008; Van Passel y Meul, 2010), el *Marco de evaluación de la sostenibilidad basado en indicadores* [FARMTOOLS] (Heredia-R et al., 2024) entre más propuestas de otros autores como de Heredia-R et al. (2020).

En este estudio se emplearon metodologías basadas en los trabajos de Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022) y Sarandón et al. (2014), seleccionadas por su capacidad para garantizar la representatividad y su enfoque integral, que abarca múltiples dimensiones del sistema productivo. La aplicación de estas metodologías permite identificar las fortalezas y debilidades de cada finca, facilitando así la formulación de recomendaciones específicas para mejorar su sostenibilidad. Este enfoque no solo beneficia a los productores individuales, sino que también tiene importantes implicaciones para el desarrollo rural en general.

Uno de los principales motores de esta investigación es el reconocimiento de que la sostenibilidad agrícola es fundamental para asegurar la seguridad alimentaria y el bienestar económico de las comunidades rurales. La expansión de la frontera agrícola ha generado el deterioro de los recursos naturales (Heredia-R et al., 2021), y la presión sobre estos, junto con los efectos del cambio climático y las fluctuaciones del mercado, exige que los agroproductores implementen prácticas más sostenibles. Esta necesidad no solo busca mitigar el impacto ambiental, sino también promover la resiliencia de los ecosistemas, y la resiliencia económica en el contexto actual de incertidumbre económica y ambiental global (Muñoz-Rengifo, 2019).

En esta investigación se planteó como objetivo general proponer asociaciones agroforestales mediante la caracterización y evaluación de la sostenibilidad de fincas en el cantón Santo Domingo, que promuevan su viabilidad a largo plazo y contribuyan al desarrollo rural sostenible de la región. Este objetivo se alcanzó a través de los siguientes objetivos específicos: 1) Caracterizar los componentes biofísicos y socioeconómicos de las fincas del cantón Santo Domingo; 2) Determinar el grado de sostenibilidad de las fincas mediante la metodología de Sarandón; y 3) Proponer asociaciones agroforestales adaptadas a las características biofísicas y socioeconómicas de cada finca del cantón Santo Domingo. Estos objetivos están alineados con las tendencias actuales en desarrollo rural, las cuales enfatizan la importancia de un enfoque holístico que contemple aspectos productivos, sociales y ambientales.

La caracterización integral de las fincas, junto con la aplicación de una metodología de evaluación de sostenibilidad, permitió elaborar propuestas para los agroproductores, que fortalezcan la sostenibilidad de los sistemas productivos y su capacidad para enfrentar desafíos ambientales y sociales.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación del área de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en las parroquias, Valle Hermoso entre las coordenadas -0.077256, -79.279767; y, la parroquia Puerto Limón entre las coordenadas -0.386552, -79.377283 del Cantón Santo Domingo, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, donde se seleccionaron 10 fincas agroforestales (Figura 1).

2.2. Enfoque y diseño metodológico

La presente investigación es de tipo no experimental, con enfoque mixto, y alcances exploratorios y descriptivos, según la clasificación de Hernández Sampieri et al. (2014), o método exploratorio documental (análisis y síntesis de documentos) y método de observación directa (o de campo) para la obtención de información de acuerdo con Morán Delgado y Alvarado Cervantes (2010).

2.3. Método exploratorio documental

Mediante el estudio exploratorio se realizó la búsqueda de información documental para contrastar los resultados encontrados, para lo cual se diseñó un proceso para la búsqueda de información con los siguientes pasos:

- 1) Selección del buscador académico.
- 2) Elaboración de ecuaciones de búsqueda.
- 3) Ejecución de la búsqueda de información.
- 4) Selección de estudios.
- 5) Proceso y análisis de los estudios seleccionados.

El buscador elegido fue *Google Scholar* (Google LLC; USA). Para la elaboración de las ecuaciones de búsqueda se eligieron los descriptores: *Agroforestería, Sistemas agroforestales, agroecología*; las palabras claves fueron: *Sostenibilidad, biodiversidad y manejo de recursos naturales*; operadores *Same, "", *; y, los criterios de selección de estudios fueron: fuentes de información primaria y secundaria, rigurosidad científica, pertinencia de variables.*

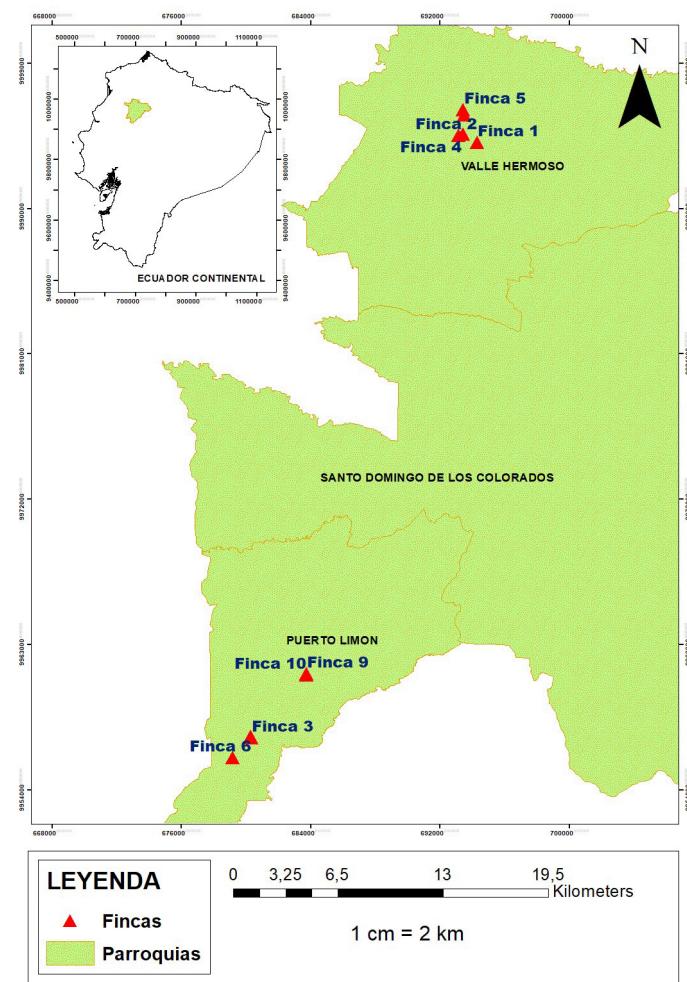


Figura 1. Ubicación de las fincas agroforestales evaluadas.

Figure 1. Location of the evaluated agroforestry farms.

2.4. Método de observación directa y levantamiento de información

Para seleccionar a los agricultores se empleó la metodología bola de nieve (Goodman, 1961). El proceso comenzó con la identificación del líder comunitario, quien recomendó a otro agricultor, repitiéndose este paso hasta alcanzar un total de diez fincas. Se priorizó la disposición de los agricultores para participar en la investigación, garantizando que fueran activos en la agricultura y que contaran con sistemas agroforestales en las parroquias. Posteriormente, se realizaron recorridos de campo con la participación de los agricultores de estas diez fincas seleccionadas. Durante estos recorridos, se recopiló información sobre los aspectos biofísicos y sociales, así como los tipos de sistemas agroforestales presentes en cada finca. Para completar los datos, se aplicó una encuesta a cada propietario recabando información detallada sobre el uso y manejo de las tierras y otros aspectos clave para el análisis de la sostenibilidad de dichos sistemas agroforestales que se detallan a continuación.

2.4.1. Diagnóstico de los aspectos biofísicos y sociales de las fincas

Se relevó información de los siguientes aspectos biofísicos y sociales:

- a) *Cartografía y uso del suelo.* Se realizó el levantamiento cartográfico de cada finca, de tal forma que se pudo conocer específicamente el nombre de cada agricultor, el área total de terreno que poseen, su topografía, localidad, usos del suelo, incluyendo los cultivos establecidos en el área y la superficie total de las fincas. Además, se evaluó la presencia de recursos hídricos, considerando su importancia para el desarrollo y sostenibilidad de los cultivos.
- b) *Identificación de sistemas agroforestales.* Se realizó un recorrido por finca, durante el cual se identificaron y recopilaron datos relevantes, incluyendo los tipos de sistemas agroforestales presentes y el área total de estudio. Posteriormente, se aplicó la encuesta a los propietarios de las fincas para obtener información más detallada sobre las características del terreno. Los datos recopilados permitieron clasificar los sistemas agroforestales del sitio (Tabla 1), siguiendo la clasificación propuesta por Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022).
- c) *Aspectos sociales.* Se realizó un análisis exhaustivo de los aspectos sociales relacionados con los sistemas agroforestales, evaluando tanto las oportunidades como las limitaciones vinculadas a los medios de producción disponibles en las fincas. Este estudio permitió identificar el tipo de producción implementada y su valor económico, así como examinar la situación de la tenencia de tierras y el acceso a servicios básicos por parte de los productores. Además, se analizaron factores como la capacitación y el nivel de asociatividad entre los agricultores, considerando el apoyo o las restricciones en su acceso a recursos, tecnología y financiamiento. Estos aspectos son clave para entender la sostenibilidad social de los sistemas agroforestales y su impacto en la calidad de vida de las familias productoras, así como para identificar áreas donde se puedan implementar mejoras para fortalecer la resiliencia y el desarrollo social en la comunidad.

Tabla 1. Categorización de los sistemas agroforestales presentes en las fincas de estudio.

Table 1. Categorization of the agroforestry systems found on the study farms.

Unidades de muestreo	Clases de sistema agroforestal
SAF 1	Cercas vivas
SAF 2	Sistema agrosilvopastoril
SAF 3	Árboles asociados con cultivos de ciclo corto
SAF 4	Sistema agroforestal especial

2.4.2. Diagnóstico de la sostenibilidad de los sistemas agroforestales existentes

La encuesta diseñada para evaluar la sostenibilidad se elaboró siguiendo la metodología de Sarandón et al. (2014), considerando indicadores de las dimensiones económica, ambiental y social (Tabla 2). Para facilitar la comparación de los indicadores de sostenibilidad, estos se estandarizaron en una escala que va de cero (0) a cuatro (4), donde cero representa el nivel menos sostenible y cuatro el más sostenible. Los valores obtenidos se ajustaron a esta escala, teniendo en cuenta la localización y las características específicas de cada indicador, con el fin de asegurar que la evaluación reflejara adecuadamente su contexto.

Una vez calculados los indicadores, estos se interpretaron en una escala de cero (0) a tres (3) y se analizó la relación entre los tres principales indicadores (económico, ambiental y social), en comparación con los valores de producción agropecuaria orgánica de la zona. Para ponderar los datos, se aplicaron fórmulas específicas de acuerdo con el indicador analizado. Posteriormente, los valores fueron ponderados multiplicando la puntuación de la escala por un coeficiente que refleja la importancia relativa de cada indicador.

Para calcular el valor del impacto económico [IK] se usó la ecuación [1], para el valor del impacto ambiental [IE] la ecuación [2], y para el valor del impacto social [ISC] la ecuación [3].

$$IK = \frac{2 \frac{(A1+A2)}{2} + B + \frac{C1+C2+C3}{3}}{4} \quad [1]$$

dónde, $A1$ = Diversificación de la producción, $A2$ = Superficie de producción de autoconsumo, B = Ingresos mensuales, $C1$ = Diversificación para la venta, $C2$ = Número de vías de comercialización, $C3$ = Dependencia de insumos externos.

$$IE = \frac{\frac{A1+A2+A3}{3} + \frac{2B1+B2+2B3}{3} + \frac{C1+C2}{2}}{3} \quad [2]$$

dónde, $A1$ = Rotación de cultivos, $A2$ = Diversificación de cultivos, $A3$ = Manejo de residuos agrícolas, $B1$ = Uso de maquinaria, $B2$ = Cobertura vegetal, $B3$ = Manejo de maleza e insectos, $C1$ = Biodiversidad temporal, $C2$ = Biodiversidad espacial.

$$ISC = \frac{\frac{A1+A2+A3+A4}{4} + B + C + D}{4} \quad [3]$$

dónde, $A1$ = Vivienda, $A2$ = Acceso a educación, $A3$ = Acceso a salud, $A4$ = Servicios (agua, luz), B = Aceptabilidad del sistema de producción, C = Integración social (jornales), D = Conocimiento y conciencia ecológica (certificación).

Una vez obtenidos los valores de cada indicador, se aplicó la ecuación [4] para el cálculo de la sustentabilidad [ISGen].

$$ISGen = \frac{IK + IE + ISC}{3} \quad [4]$$

Tabla 2. Estructura de la encuesta aplicada a los agricultores.

Table 2. Survey structure applied to farmers.

Dimensión	Indicador	Criterion
Económica	Autosuficiencia alimentaria	Diversificación de la producción Superficie de producción de autoconsumo
	Ingresos netos mensuales	Ingresos
	Riesgo económico	Diversificación para la venta Número de vías de comercialización Dependencia de insumos externos
	Conservación de la vida del suelo	Rotación de cultivos Diversificación de cultivos Manejo de residuos agrícolas
Ambiental	Riesgo de erosión	Uso de maquinaria Cobertura vegetal Manejo de maleza e insectos
	Manejo de la biodiversidad	Biodiversidad temporal Biodiversidad espacial
	Satisfacción de las necesidades básicas	Vivienda Acceso a educación Acceso a salud Servicios (agua, luz)
Social	Aceptabilidad del sistema de producción	Aceptabilidad
	Integración social	Jornales
	Conocimiento y conciencia ecológica	Certificación

Para que una finca sea considerada sustentable, el índice de sustentabilidad general debe alcanzar un valor igual o superior a dos (2) en cada una de las tres dimensiones evaluadas, en comparación con los valores de la

producción agropecuaria orgánica de la zona. Los resultados obtenidos se presentaron mediante un diagrama de “tela de araña”, siguiendo la metodología de Sarandón et al. (2014).

2.4.3. Propuesta de asociaciones agroforestales rentables para los productores

Se diseñó una propuesta modelo para sistemas agroforestales, teniendo en cuenta que estos deben incluir al menos dos especies que interactúan entre sí, al menos una especie leñosa perenne y una especie destinada a fines agrícolas, según lo establecido por Somarriba (1992). Al integrar esta condición básica con el método semibosque propuesto por Montagnini et al. (2015), se espera proponer modificaciones que contribuyan a la sostenibilidad de los sistemas agroforestales.

2.5. Tratamiento de datos

Para registrar y ordenar correctamente los datos recopilados en campo se empleó el programa informático Excel v.2019 (Microsoft Corporation; USA), al momento de ubicar las zonas de estudio y realizar los mapas respectivos se manejó el software ArcGis v.10.8 (Environmental Systems Research Institute; USA), y finalmente, se analizó e interpretó la información sobre los sistemas agroforestales para la elaboración de la propuesta de manejo sustentable.

3. Resultados y Discusión

3.1. Características biofísica y socioeconómica de las fincas evaluadas

3.1.1. Uso de suelo

El levantamiento de información cartográfico de cada una de las fincas, incluyendo los usos de suelo y disposición espacial de las especies, reveló que el 48% del suelo se destina a la agricultura. De este porcentaje, el 55% corresponde al cultivo de cacao, el 24% plátano, el 15% yuca, el 4% a balsa y el 2% a cultivos mixtos que incluyen plátano, naranja, yuca, limón y aguacate. Por otro lado, el 32% del suelo se utiliza para la ganadería y el 20% para otros usos. Esta distribución difiere del planteamiento del GAD Municipal de Santo Domingo (2015), que señala que, en general, un 38% corresponde a la actividad pecuaria, un 27% a la actividad agrícola y un 35% a la combinación de ambas. Esta discrepancia se debe a los datos obtenidos en zonas específicas donde la agricultura, especialmente el cultivo de cacao, es predominante.

3.1.2. Sistemas agroforestales

Las fincas evaluadas exhibieron una diversidad de sistemas agroforestales, la mayoría presentaba cercas vivas [SAF 1] ($n = 8$, 32%) y sistemas agrosilvopastoriles [SAF 2] ($n = 8$, 32%). En contraste, se observaron con menor frecuencia árboles asociados a cultivos de ciclo corto [SAF 3] ($n = 7$, 28%) y sistemas agroforestales especiales [SAF 4] ($n = 2$, 8%). Las características climáticas, edáficas y el potencial biofísico de la zona influyen significativamente en el establecimiento de estos sistemas (FAO, 1997). En este contexto, Santo Domingo ofrece condiciones idóneas para el desarrollo de estos modelos de producción.

Las especies observadas con mayor frecuencia en las fincas incluyen, para cercas vivas, caraca (*Erythrina glauca*) y cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis*); para frutales, naranja (*Citrus × sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y limón (*Citrus limon*); para especies comerciales, cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa × paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*) y aguacate (*Persea americana*); y, para especies maderables, balsa (*Ochroma pyramidalis*) y teca (*Tectona grandis*) (Tabla 3). Las fincas evaluadas albergan un total de 47 especies diferentes, de las cuales 24 son las más comunes en seis de las diez fincas analizadas. Estos resultados son similares (49 especies) a los reportados por Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022) en la parroquia Zumba de Zamora Chinchipe, pero superiores al compararlos con el número de especies total (11) y el número de especies más comunes (5) reportadas por Verdezoto Vargas et al. (2024) en fincas del cantón Milagro, provincia del Guayas. También al compararlos con el número de especies total (19) reportadas por Carvajal Benavides et al. (2024). La biodiversidad encontrada en las fincas evaluadas es importante para los procesos ecológicos y para la conservación de la biodiversidad de la zona (Ipinza et al., 2021), y su resiliencia.

Tabla 3. Especies agrícolas presentes en las fincas estudiadas.**Table 3.** Agricultural species on the studied farms.

Nombre común	Nombre científico	Nº	%
Achotillo	<i>Nephelium lappaceum</i>	2	1,13
Aguacate	<i>Persea americana</i>	5	2,82
Ají ratón	<i>Capsicum chinense Jacq.</i>	2	1,13
Ajo	<i>Allium sativum</i>	3	1,69
Almendro	<i>Prunus dulcis</i>	2	1,13
Arazá	<i>Eugenia stipitata</i>	3	1,69
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	6	3,38
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8	4,51
Caña guadúa	<i>Guadua angustifolia</i>	6	3,38
Caraca	<i>Eritrina glauca</i>	7	3,95
Cebolla blanca	<i>Allium fistulosum</i>	3	1,69
Chíparo	<i>Zygia longifolia</i>	4	2,25
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	3	1,69
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	2	1,13
Cucarda	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	3	1,69
Ficus	<i>Ficus benjamina</i>	3	1,69
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	4	2,25
Fruta de pan	<i>Artocarpus altilis</i>	5	2,82
Guaba	<i>Inga edulis</i>	5	2,82
Guanábana	<i>Annona muricata</i>	4	2,25
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	2	1,13
Guayacán	<i>Guaiacum officinale</i>	3	1,69
Haba	<i>Vicia faba</i>	3	1,69
Hierbaluisa	<i>Aloysia citrodora</i>	5	2,82
Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	3	1,69
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	3	1,69
Limón	<i>Citrus limon</i>	7	3,95
Limoncillo	<i>Swinglea glutinosa</i>	1	0,56
Llantén	<i>Plantago major</i>	2	1,13
Maíz	<i>Zea mays</i>	3	1,69
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	4	2,25
Mango	<i>Mangifera indica</i>	2	1,13
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	2	1,13
Mate	<i>Crescentia cujete</i>	3	1,69
Naranja	<i>Citrus × sinensis</i>	6	3,38
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	4	2,25
Paja Toquilla	<i>Carludovica palmata</i>	1	0,56
Pasto	<i>Cynodon dactylon</i>	8	4,51
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	2	1,13
Pestañas	<i>Polyscias guilfoylei</i>	1	0,56
Pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	2	1,13
Samán	<i>Samanea</i>	2	1,13

Nombre común	Nombre científico	Nº	%
Teca	<i>Tectona grandis</i>	5	2,82
Tomate	<i>Lycopersicon</i>	2	1,13
Plátano	<i>Musa × paradisiaca</i>	10	5,64
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	9	5,08
Zapallo	<i>Cucurbita moschata</i>	2	1,13

Los resultados indican que Santo Domingo se destaca como un cantón de alta productividad, donde el 48% de su actividad económica proviene del sector agrícola y el 52% del sector pecuario y otros usos. Entre las especies animales más comúnmente criadas en las fincas se encuentran las gallinas, así como el ganado bovino, vacuno y porcino (Tabla 4). Estos hallazgos son consistentes con los datos reportados por el GAD Municipal de Santo Domingo (2015), que señala que el sector pecuario representa el 51,1% de la extensión total, mientras que la agricultura abarca el 25,6%.

Tabla 4. Especies animales presentes en las fincas estudiadas.

Table 4. Animal species on the studied farms.

Nombre común	Nombre científico	Nº	%
Cerdos	<i>Sus scrofa domesticus</i>	6	19,35
Gallinas	<i>Gallus gallus domesticus</i>	10	32,25
Patos	<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>	4	12,90
Tilapias	<i>Oreochromis niloticus</i>	3	9,67
Ganado	<i>Bos taurus</i>	8	25,80

La actividad pecuaria es uno de los sectores más importantes a nivel mundial (Aguirre-Forero et al., 2021), y el ganado bovino es especialmente relevante debido a su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero. Para abordar este problema, es fundamental adoptar nuevos hábitos y mejorar las tecnologías de producción en este sector. En este contexto, los sistemas agroforestales se presentan como una alternativa viable para lograr una producción pecuaria más limpia y sostenible (Caicedo-Vargas, 2020). Una opción efectiva es implementar sistemas mixtos que integren árboles, arbustos forrajeros y cultivos de ciclo corto. Esta estrategia no solo incrementa la biodiversidad, sino que también ayuda a compensar las emisiones de gases de efecto invernadero por almacenamiento o secuestro con relación al monocultivo (Jadán et al., 2012; Muchane et al., 2020), y posiciona estos sistemas como una modalidad de producción a largo plazo, que promueve la sostenibilidad ambiental (Caicedo-Vargas, 2020).

3.1.3. Características socioeconómicas

Respecto al género, en total 58 personas conforman las familias de las diez fincas y de ellas el 59% son hombres y el 41% son mujeres (Tabla 5). De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial 2030 “El futuro de Chilachi To” (GAD Municipal de Santo Domingo, 2015) en el sector agropecuario laboran alrededor de 35 mil personas. De ellas el 79% son hombres y el 21% son mujeres, estos datos muestran relación con los resultados obtenidos, siendo que la cantidad de hombres presentes en la zona rural es mayor en relación con la de las mujeres.

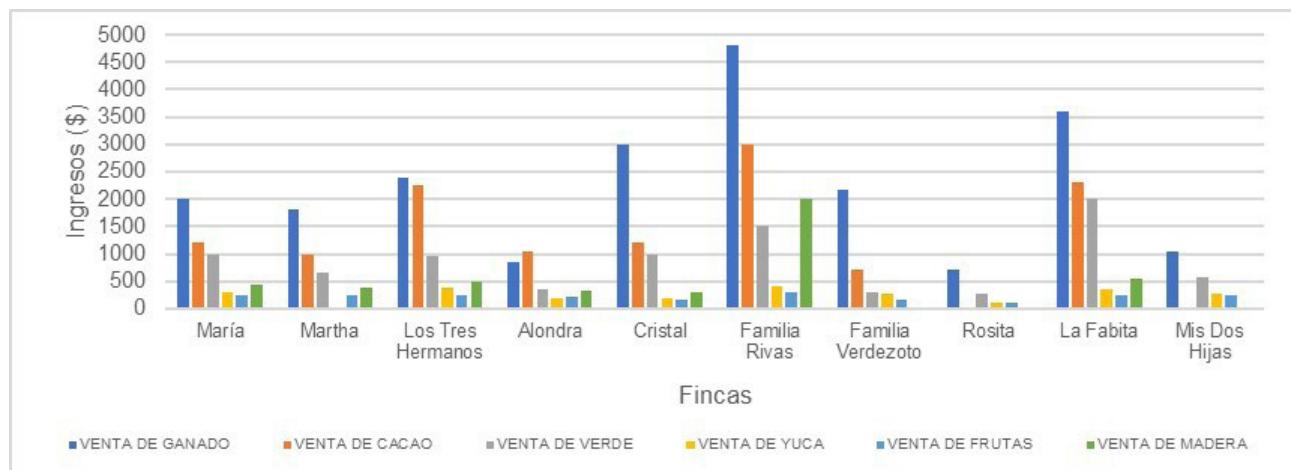
En las parroquias Valle Hermoso y Puerto Limón, la distribución de la escolaridad en las familias de las fincas es la siguiente: el 55% de la población tiene instrucción primaria, el 21% cuenta con educación secundaria, el 10% posee educación superior y el 14% no tiene estudios. Estos datos difieren al compararlos con los reportados por Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022) en Zumba, provincia de Zamora Chinchipe, donde el 66,7% de la población tiene instrucción primaria, el 16,7% educación secundaria y el 16,7% educación superior. Sin embargo, los resultados son consistentes con los hallazgos del Plan de Ordenamiento Territorial 2030 (GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, 2015), en el cual se observa que el 72,8% de la población provincial tiene solo instrucción primaria, el 22,6% alcanza la educación secundaria y el 5% no posee ningún nivel educativo.

Tabla 5. Número de integrantes de familia en las fincas estudiadas.**Table 5.** Number of family members on the studied farms.

Fincas	Mujeres	Hombres	Total
María	2	3	5
Martha	2	4	6
Los Tres Hermanos	1	3	4
Alondra	5	4	9
Cristal	2	4	6
Familia Rivas	3	5	8
Familia Verdezoto	2	5	7
Rosita	2	3	5
La Fabita	2	2	4
Mis Dos Hijas	3	1	4
Total	24	34	58
Promedio	2,4	3,4	5,8

En la gestión y mantenimiento de los sistemas agroforestales, los propietarios utilizan tanto capital humano propio como contratado. En las actividades de cosecha y empaquetado, se observa que el 40% de los propietarios emplea exclusivamente su propio capital humano, aunque ocasionalmente contratan personal adicional. Otro 40% depende únicamente de capital humano propio, mientras que el 20% opta por contratar solo capital humano externo. Estos resultados son consistentes con el estudio de Celi-Delgado y Aguirre-Mendoza (2022) en el cantón Zumba, donde se encontró que el 44,4% de los propietarios emplea exclusivamente capital humano propio, el 44,5% utiliza capital humano propio y ocasionalmente contrata personal adicional, y el 11,1% recurre exclusivamente a la contratación externa.

Los ingresos económicos generados en los sistemas agroforestales [SAF] provienen principalmente de la venta de productos como plátano, cacao, naranja, yuca, mandarina, achotillo, aguacate y balsa. Según la encuesta, el 40% de los encuestados obtiene ingresos de la venta de plátano y cacao; el 30% recibe ingresos por la venta de cacao, plátano, yuca y, ocasionalmente, balsa; el 20% genera ingresos a partir de la venta de naranja, mandarina, aguacate, yuca y plátano; mientras que el 10% obtiene ingresos por la venta de plátano, cacao, naranja, mandarina y, en ocasiones, achotillo (Figura 2).

**Figura 2.** Ingresos anuales por actividad.**Figure 2.** Annual income by activity.

Además, los propietarios que se dedican a la cría y comercialización de ganado vacuno y porcino obtienen ingresos adicionales, representando el 30% del total. En cuanto a los egresos, los dueños de SAF destinan sus gastos a la compra de insumos, herramientas, transporte, capital humano ocasional y combustible. Jumbo (2017) reporta similitudes en los factores de egreso, indicando que los principales ingresos económicos de los sistemas agroforestales provienen de la venta de cacao (33,3%), ganado vacuno (15,5%) y otros cultivos

(5,6%). Estas similitudes proporcionan una visión integral sobre los flujos de ingresos y egresos en el sector agro productivo del país.

3.2. Sostenibilidad de las fincas evaluadas

La finca “Familia Rivas” se destaca por tener el indicador económico más alto, con un valor de 2,75, mientras que “Rosita” presenta el valor económico más bajo, con 0,92. En el indicador ecológico, “Familia Rivas” también lidera con un valor de 2,50, mientras que las fincas “Martha”, “Familia Verdezoto” y “Rosita” ocupan la posición más baja, con un valor de 1,66. Finalmente, en el indicador social, la finca “María” alcanzó un valor de 2,38, mientras que “Alondra” y “Rosita” muestran los valores más bajos, alcanzando solo 1,38 (Figura 3).

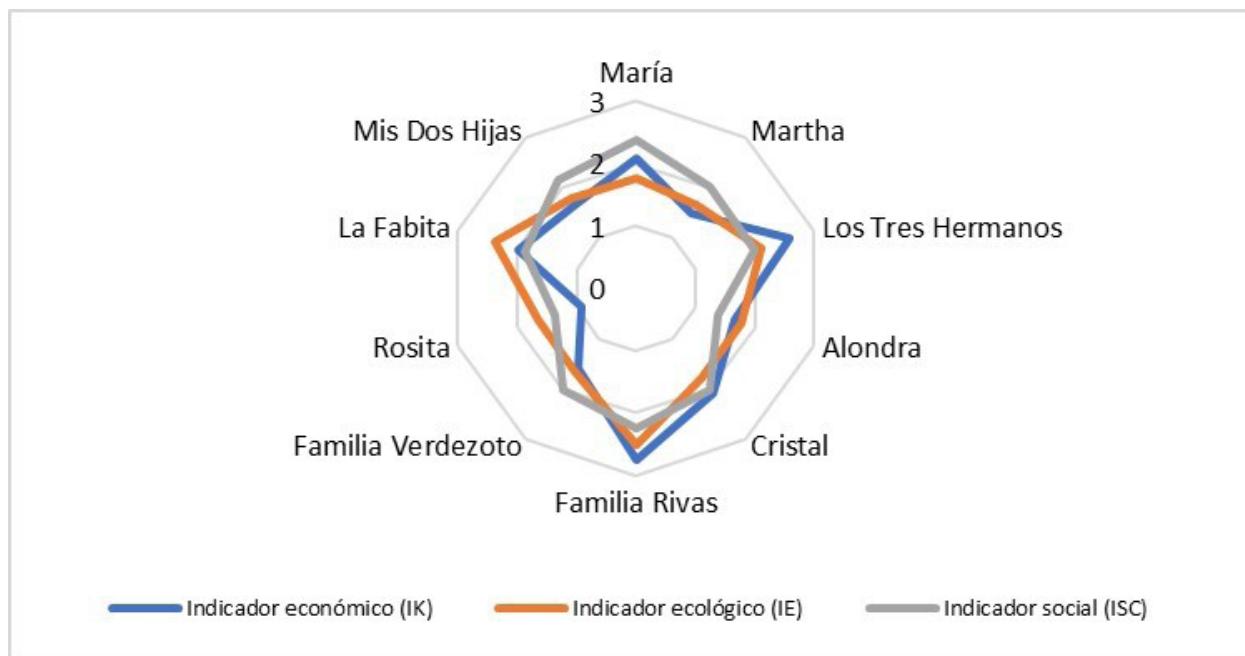


Figura 3. Polígono de sostenibilidad de las dimensiones social, económica y ambiental.

Figure 3. Sustainability polygon for the social, economic and environmental dimensions.

Las variaciones en los indicadores de sostenibilidad se atribuyen a factores como la extensión del terreno, el acceso a servicios básicos, el nivel educativo, y la tecnificación que se ha comprobado que promueve la sostenibilidad de los sistemas agrarios (Cayambe et al., 2023). Es evidente que una mejor calidad de vida, que incluye un mayor acceso a recursos y educación, se traduce en un mayor grado de sostenibilidad en las fincas. En este sentido, Barrezueta-Unda y Paz-González (2018) destacan que aspectos sociales como el nivel educativo, la participación y la capacidad de toma de decisiones impactan significativamente en la economía de los agricultores. Cuando estos factores son deficientes, es común que se abandonen las actividades agrícolas. Esto subraya la importancia de fortalecer las capacidades educativas y participativas en las comunidades rurales para mejorar no solo la sostenibilidad, sino también la viabilidad económica de las explotaciones agrícolas (Heredia-R et al., 2020).

Las fincas sostenibles identificadas en este estudio son: “Familia Rivas”, que presenta un Índice de Sostenibilidad Generacional [ISGen] de 2,50; “Los Tres Hermanos”, con un ISGen de 2,23; y “La Fabita”, con un ISGen de 2,09 (Figura 5). Estas fincas cumplen con los criterios de sostenibilidad establecidos por Sarandón et al. (2014), ya que todas ellas obtuvieron puntajes iguales o superiores a 2 en las dimensiones evaluadas: económica, ecológica y social.

A pesar de que la finca “María” presenta un ISGen de 2,08, no puede considerarse sustentable según los criterios de Sarandón, ya que su indicador ecológico tiene un puntaje aproximado de 1,75, inferior al mínimo requerido de 2. Este puntaje bajo en la dimensión ecológica impide clasificar la finca como sostenible, lo que resalta la importancia de mantener un equilibrio adecuado entre todas las dimensiones de la sostenibilidad. Las demás fincas evaluadas son consideradas insostenibles, ya que no alcanzaron un valor igual o superior a 2 en el ISGen.

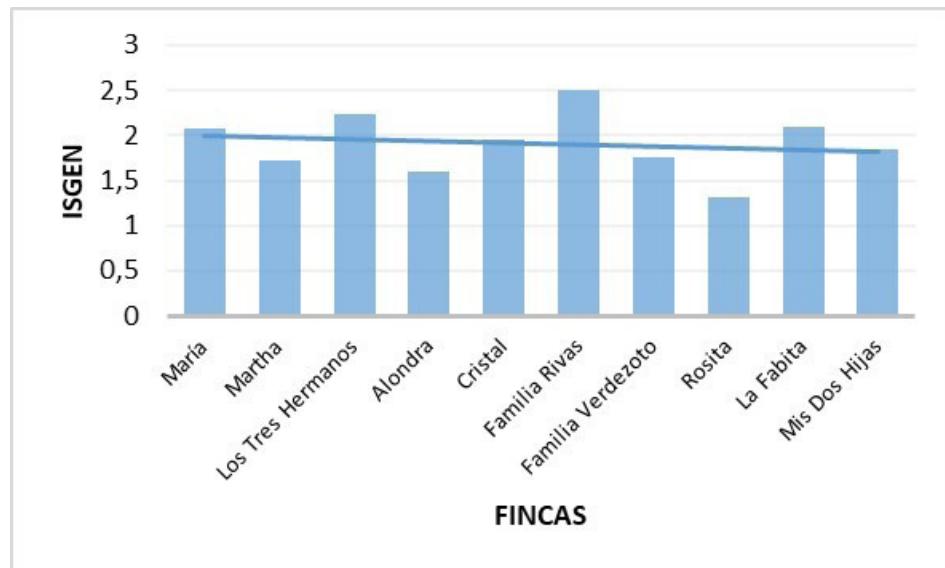


Figura 4. Sostenibilidad general de los sistemas agroforestales.

Figure 4. Overall sustainability of agroforestry systems.

3.3. Propuesta de asociaciones agroforestales

3.3.1. Finca María

Para mejorar la productividad, diversificar los cultivos, optimizar el uso del espacio y el tiempo, y obtener mejores rendimientos económicos en el lote de *Ochroma pyramidalis* (balsa), se propone asocio 1 (Tabla 6; Figura 5). Según Contreras-Santos et al. (2021), este cultivo puede desarrollarse simultáneamente con otros, como yuca, maíz o cúrcuma, lo cual permite generar ingresos mientras se espera la producción de madera de balsa. En las áreas donde actualmente se cultiva yuca, se sugiere propuesta 2, mientras que en el lote de *Phaseolus vulgaris* (fréjol) se recomienda el asocio 3, ya que estos cultivos no compiten por espacio y se evita la proliferación de plagas y enfermedades del maíz, mejorando así las interacciones entre ellos, y el rendimiento, que es el producto de esta, como fue señalado por Altieri y Nicholls (2000).

Tabla 6. Propuesta de especies para Sistemas agroforestales.

Table 6. Proposed species for agroforestry Systems.

Nº	Cultivo existente, o sitio de la finca	Tipo propuesta	Objetivos de la propuesta	Especies de la propuesta
1	<i>Ochroma pyramidalis</i> (balsa)	Asocio agroforestal rotativo	Aumentar fijación de nitrógeno en el suelo. Diversificar producción.	<i>Manihot esculenta</i> (yuca) o <i>Zea mays</i> (maíz).
2	Lote de yuca	Intercalar hileras de verduras	Diversificar y Maximizar la producción. Provisión de recursos	Verduras.
3	Lote de <i>Phaseolus vulgaris</i> (fréjol)	Asocio agrícola	Aprovechar fijación de nitrógeno en el suelo. Diversificar y Maximizar la producción.	<i>Zea mays</i> (maíz).
4	<i>Theobroma cacao</i> (cacao)		Mejorar la productividad. Diversificación de ingresos.	<i>Musa spp.</i> (banano) y <i>Musa × paradisiaca</i> (plátano).
5	<i>Musa × paradisiaca</i> (plátano) o <i>Musa spp</i> (banano)	Asocio agroforestal	Incremento de Biodiversidad. Sombra y clima. Provisión de recursos alimentarios.	<i>Persea americana</i> (aguacate).

Nº	Cultivo existente, o sitio de la finca	Tipo propuesta	Objetivos de la propuesta	Especies de la propuesta
6	Sistema pastoral (potrero)	Silvopastoril	Diversificación de la producción. Mejora del suelo y microclima. Aumento de la productividad. Control de plagas y enfermedades. Diversificación de ingresos.	<i>Inga edulis</i> (guaba), <i>Annona muricata</i> (guanabana), <i>Guaiacum officinale</i> (guayacan), <i>Citrus reticulata</i> (mandarina), <i>Citrus limón</i> (limón), <i>Citrus × sinensis</i> (naranja), <i>Crescentia cujete</i> (mate), <i>Laurus nobilis</i> (laurel) y <i>Ochroma pyramidalis</i> (balsa).
7	Sector del nacimiento de agua	Asocio silvícola para preservación	Conservar el agua. Estabilizar el suelo y controlar la erosión. Promover la diversidad de flora y fauna. Mejorar el microclima	<i>Zygia longifolia</i> (Chíparos) y <i>Guadua angustifolia</i> (Cañas guadúas).
8	Huerto	Asocio de cultivos intercalados o policultivos.	Aumentar la productividad. Controlar plagas y enfermedades. Mejorar la Biodiversidad. Mejorar la estructura del suelo, aumentar fertilidad y promover retención de agua. Diversificar ingresos y recursos alimentarios y medicinales para la familia.	<i>Allium sativum</i> (ajo), <i>Allium fistulosum</i> (cebolla), <i>Allium fistulosum</i> (cebollín), <i>Lycopersicon</i> (tomate), <i>Coriandrum sativum</i> (cilantro), <i>Capsicum annuum</i> (pimiento), <i>Cucumis sativus</i> (pepino), y algunas aromáticas y medicinales como <i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Aloysia citrodora</i> (hierbaluisa).
9	Cercas vivas	Asocio agroforestal	Controlar la erosión. Mejorar la biodiversidad. Proveer de sombra y forraje. Proteger los cultivos. Recuperar suelos.	<i>Eritrina glauca</i> (Caraca).
10	<i>Tectona grandis</i> (Teca)	Integración de cultivos	Aumentar productividad. Controlar erosión y estabilizar el suelo. Diversificación de ingresos.	<i>Zea Mays</i> (maíz).
11	Huerto		Controlar plagas. Aumentar la productividad.	<i>Origanum vulgare</i> (orégano; recurso medicinal) y <i>Cucumis sativus</i> (pepino) como alimento nutritivo.
12	Huerto	Asocio de cultivos intercalados	Mejorar fertilidad del suelo. Diversificar ingresos. Proveer recursos alimentarios y medicinales.	<i>Phaseolus vulgaris</i> (fréjol) con <i>Lactuca sativa</i> (lechuga) y plantas para el control de plagas como <i>Nasturtium officinale</i> (Berro), <i>Coriandrum sativum</i> (Cilantro), <i>Allium sativum</i> (Ajo) o <i>Origanum vulgare</i> (Orégano).
13	<i>Eritrina glauca</i> (caraca)	Silvícola en cercas vivas.	Mejorar la fertilidad del suelo. Controlar la erosión. Proporcionar sombra y microclima. Diversificar ingresos. Provisión de recursos alimentarios y forraje.	<i>Swinglea glutinosa</i> (limoncillo).
14	<i>Theobroma cacao</i> (cacao)	Asocio agroforestal	Aumentar biodiversidad y productividad. Mejorar suelo. Controlar erosión.	<i>Musa paradisiaca</i> (banano) y <i>Zea mays</i> (maíz).

Nº	Cultivo existente, o sitio de la finca	Tipo propuesta	Objetivos de la propuesta	Especies de la propuesta
15	Huerto	Asocio de cultivos intercalados o policultivo.	Diversificar ingresos. Proveer recursos alimentarios y comerciales. Controlar plagas. Mejorar la fertilidad del suelo. Diversificar ingresos. Proveer recursos medicinales y alimentarios.	<i>Plantago major</i> (llantén), <i>Origanum vulgare</i> (orégano) y <i>Aloysia citrodora</i> (hierba luisa).
16	Cercas vivas	Mejorar las cercas vivas	Controlar erosión. Fijar nitrógeno. Proveer forraje. Crear sombra y protección. Promover la biodiversidad. Reducir velocidad del viento.	<i>Leucaena leucocephala</i> (Leucaena).
17	<i>Manihot esculenta</i> (yuca)	Asocio agroforestal	Fijar nitrógeno. Controlar erosión. Aumentar la productividad. Diversificar ingresos. Controlar plagas.	<i>Phaseolus vulgaris</i> (fréjol) y plantas para el control de plagas como <i>Nasturtium officinale</i> (Berro), <i>Coriandrum sativum</i> (Cilantro), <i>Allium sativum</i> (Ajo) o <i>Origanum vulgare</i> (Orégano).
18	Huerto	Asocio de cultivos intercalados o policultivo.	Controlar plagas. Mejorar la fertilidad del suelo. Aumentar la productividad y rentabilidad. Diversificar ingresos. Atraer polinizadores. Proveer recursos medicinales y alimentarios.	<i>Lycopersicon</i> (tomate), <i>Allium fistulosum</i> (cebolla), <i>Coriandrum sativum</i> (cilantro), <i>Allium sativum</i> (ajo), <i>Capsicum annuum</i> (pimiento), <i>Cucumis sativus</i> (pepino), <i>Origanum vulgare</i> (oregano) y <i>Aloysia citrodora</i> (herbaluiza).
19	Nuevo lote		Diversificar la producción. Mejorar la salud del suelo. Controlar plagas y enfermedades.	<i>Citrus × sinensis</i> (naranja), <i>Citrus reticulata</i> (mandarina) y <i>Citrus limón</i> (limón) plantas para el control de plagas como <i>Tagetes spp.</i> (Caléndula) y/o <i>Coriandrum sativum</i> (Cilantro).
20	Sistema pastoral (potreros)	Asocio agroforestal	Optimizar el uso del espacio. Mejorar la salud del suelo.	<i>Laurus nobilis</i> (Laurel), <i>Guaiacum officinale</i> (guayacán), <i>Ochroma pyramidalis</i> (balsa) y <i>Moringa oleifera</i> (Moringa).
21	Sistema pastoral (potreros)		Control de erosión. Proveer recursos medicinales y aromáticos.	<i>Citrus × sinensis</i> (naranja), <i>Mangifera indica</i> (mango), <i>Citrus limón</i> (limón), <i>Guaiacum officinale</i> (guayacan) y <i>Laurus nobilis</i> (laurel).
22	Cercas vivas	Barrera y protección	Diversificación de la producción. Mejorar la salud del suelo. Controlar la erosión. Proveer recursos medicinales y ornamentales.	<i>Guaiacum officinale</i> (guayacan) y <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (cocardas)
23	<i>Nephelium lappaceum</i> (achotillo), <i>Citrus × sinensis</i> (naranja) y <i>Citrus reticulata</i> (mandarina)	Asocio agroforestal	Diversificación de la producción. Mejorar la salud del suelo. Controlar la erosión. Proveer recursos alimentarios.	<i>Cynodon dactylon</i> (pasto) y <i>Moringa oleifera</i> (Moringa).

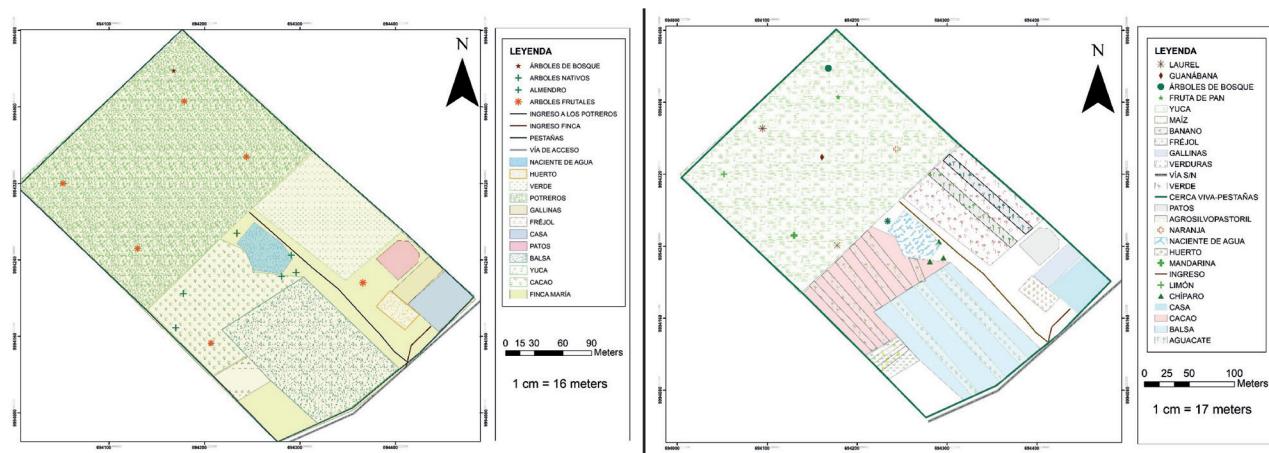


Figura 5. Usos de suelo inicial (izquierda) y propuesta (derecha) de la Finca María.

Figure 5. Initial (left) and proposed (right) land uses for Finca María.

La Propuesta 4 permitiría obtener dos cosechas antes de retirar el banano y rotar el cultivo. Según Corven (1993), estos cultivos se consideran protectores porque mejoran las condiciones ecológicas, controlan malezas, reducen la necesidad de fertilizantes y facilitan la fijación de nitrógeno. Al fomentar un microclima favorable y aumentar la biodiversidad, estos sistemas agroforestales promueven una producción agrícola más eficiente y sostenible. Para el cultivo de *Musa × paradisiaca* (plátano), mediante la propuesta 5 se busca evitar el monocultivo y prevenir el desgaste del suelo, aprovechando las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales, como indican Altieri y Nicholls (2000).

La propuesta 6 es la implementación de un sistema agrosilvopastoril, debido a que contribuyen en la captura de carbono, la generación de menores emisiones de óxido nítrico [N_2O] y la mitigación de la emisión de gas metano [CH_4] por los rumiantes. Además, el sistema se puede dividir por sectores donde el ganado pastará en rotación para reducir el deterioro del suelo por la carga animal (Contreras-Santos et al., 2021).

En el sector del nacimiento de agua la propuesta 7 permitiría preservar sus riveras, disminuir el impacto de la contaminación de las aguas, aumentar la capacidad de retención en las praderas, aumentar la infiltración y protección del suelo, los manantiales y quebradas, como reporta Auquilla-Cisneros (2005). Se planteó un huerto cerca de la casa; y el mejorar las cercas vivas y los linderos acompañándolas de especies para que sirvan como una barrera resistente y proporcione sombra al ganado una vez que alcance su altura ideal (propuestas 8 y 9, respectivamente).

3.3.2. Finca Martha

Para mantener la calidad del suelo y fortalecer las barreras protectoras contra plagas y enfermedades se consideró la propuesta 5 (Figura 6). La combinación de cultivos perennes o semiperennes, orientados a mercados locales e incluso internacionales, es una práctica tradicional en sistemas productivos campesinos de áreas tropicales (Tamayo Ortiz y Alegre Orihuela, 2022). Algunos ejemplos de arreglos con base en *Theobroma cacao* (cacao), *Coffea arabica* (café) o *Musa × paradisiaca* (plátano), en asocio con otros cultivos, se pueden identificar en predios de pequeños productores de Colombia, Ecuador y Perú. También se propone la asociación de cultivos de ciclo corto que pueden seguir produciendo múltiples cosechas mientras se espera que el cultivo madurable esté listo para su comercialización (propuesta 10). Esto permite obtener mayor rentabilidad al asociar dos cultivos sin afectar el bienestar y productividad del cultivo principal, como lo señala Pilco et al. (2018). En el espacio de los potreros los componentes de la propuesta 6 servirían como colchón de amortiguamiento a las emisiones de gases de efecto invernadero y como sombra para el ganado. El excremento del ganado aportaría nutrientes al suelo y por ende a las plantas que se encuentran allí. Para el huerto, la propuesta 11 serviría para incrementar plantas de recurso medicinal y como alimento nutritivo ideal para ensaladas. Además, para evitar la competencia de espacio y nutrientes y con menor incidencia de plagas o enfermedades se aplicaría la propuesta 12. Finalmente, las cercas vivas pueden ser potenciadas, para proporcionar mayor seguridad y estabilidad, con las propuestas 9 y 13.

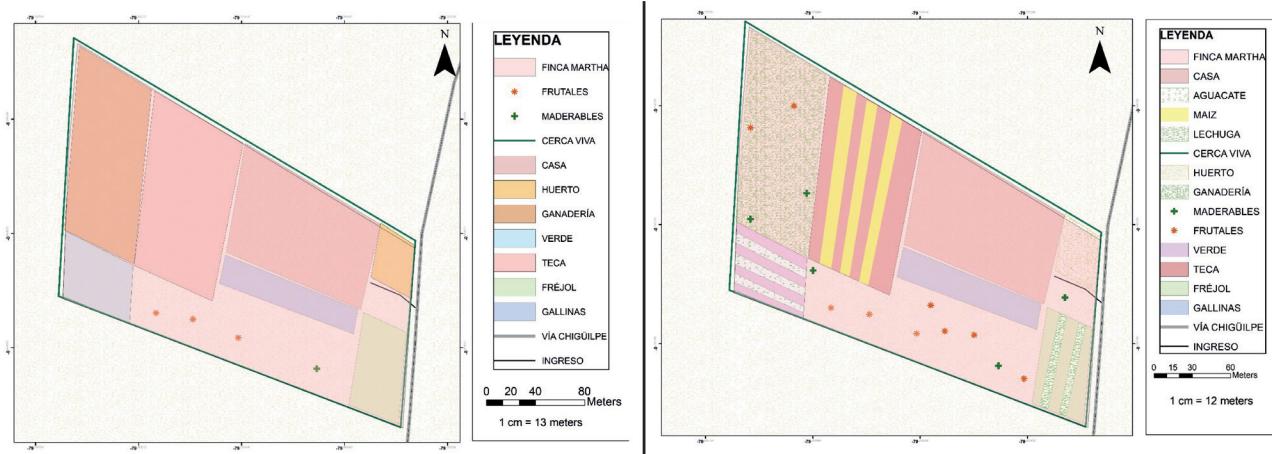


Figura 6. Usos de suelo inicial (izquierda) y propuesta (derecha) de la Finca Martha.

Figure 6. Initial (left) and proposed (right) land uses for Finca Martha.

3.3.3. Finca Los Tres Hermanos

Para esta propiedad en el sistema pastoril, implementar la propuesta 6 permitiría brindar sombra al ganado, fortalecer el suelo y aprovechar el estiércol del ganado como abono. Para no sobrecargar el suelo con el peso de los animales se recomienda la rotación en el sistema agrosilvopastoril; y, en el cultivo de *Theobroma cacao* (cacao), mediante la propuesta 14 el cultivo de ciclo corto produciría hasta que el cacao y el plátano alcancen su etapa de cosecha (Figura 7). El cultivo de plátano ayudaría a la absorción de agua y nutrientes, manteniendo el suelo apto para el cacao y obteniendo mejores producciones, como se señaló en las fincas anteriores.

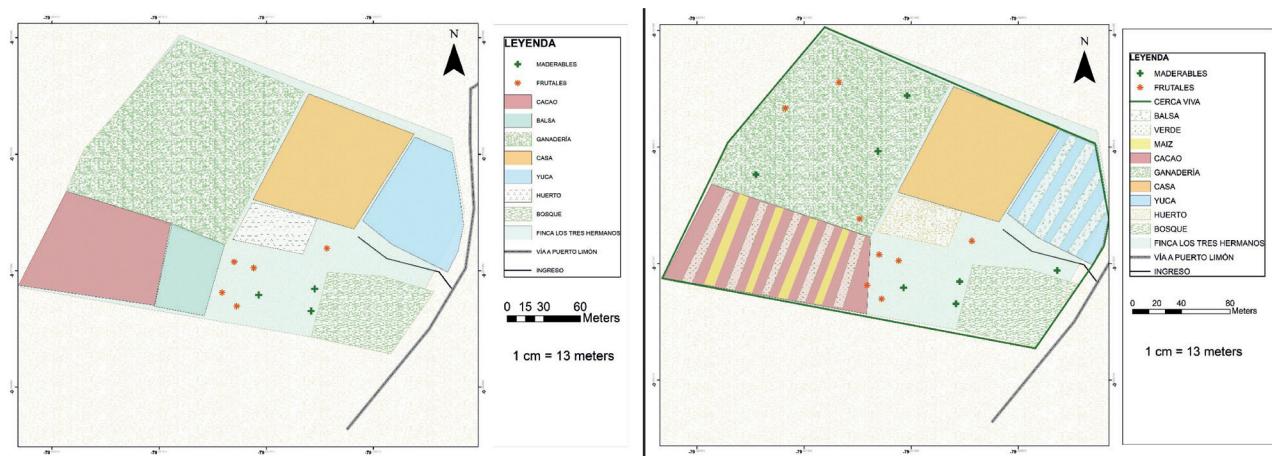


Figura 7. Usos de suelo inicial (izquierda) y propuesta (derecha) de la Finca Los Tres Hermanos.

Figure 7. Initial (left) and proposed (right) land uses for Finca Los Tres Hermanos.

En el lote de *Ochroma pyramidale* (balsa) se sugiere la propuesta 1 teniendo en cuenta que pueden rotar los cultivos, lo que permitiría al suelo regenerarse y descansar de los mismos requerimientos nutricionales de cultivos habituales. En las riberas de toda fuente hídrica se aplicaría la propuesta 7 para preservar el recurso hídrico, y obtener beneficios económicos al podar la caña guadúa y vender esos ejemplares para la fabricación de diversos objetos o incluso para uso interno de la finca. Por último, las cercas vivas tienen un exceso de espacio entre plantas (el distanciamiento de siembra no es correcto), siendo necesario realizar poda regenerativa e incorporar especies de la propuesta 9 para fortalecer el cerramiento.

3.3.4. Finca Alondra

Al ser una extensión pequeña, en el sistema pastoril se recomienda implementar la propuesta 6, de manera que

los animales pueden pastar sin mayor problema, protegidos del sol y sin perjudicar el suelo con la carga animal. Dentro de este sistema están los árboles frutales y maderables que no se comercializan.

El cultivo principal es *Theobroma cacao* (cacao), en ese contexto la propuesta 13 puede generar muchos beneficios. Según Tamayo Ortiz y Alegre Orihuela (2022) en las asociaciones los beneficios de uso de los suelos, en comparación con los sistemas de monocultivo, están relacionados con una mejor eficiencia del uso de recursos naturales (tierra y agua), mayor rendimiento de producto, incremento de ingresos, mitigación del cambio climático (por la mayor capacidad de almacenamiento de carbono), reducción de las poblaciones plaga y patógenos, fomento del control biológico, aumento de la diversidad poblacional de macro y microorganismos benéficos, así como el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Figura 8).

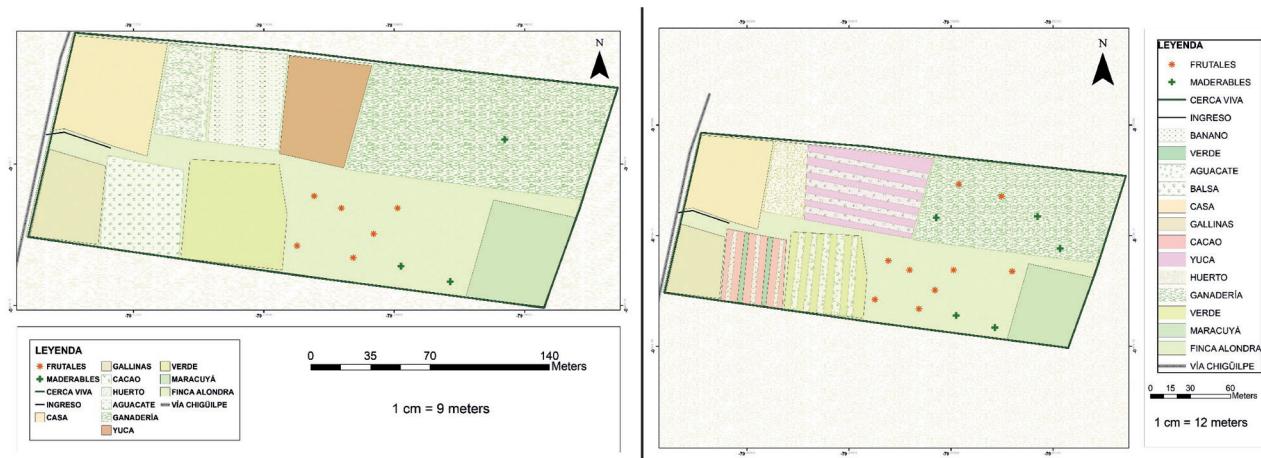


Figura 8. Usos de suelo inicial (izquierda) y propuesta (derecha) de la Finca Alondra.

Figure 8. Initial (left) and proposed (right) land uses for Finca Alondra.

En el lote de *Ochroma pyramidale* (balsa), la propuesta 1 permitiría obtener rédito económico a corto plazo hasta que la balsa alcance su etapa de cosecha. Para mejorar el sustrato del huerto se recomienda incorporar aromáticas y medicinales, y para sus cercas vivas se recomienda árboles rompevientos que ayuden a proteger a los demás cultivos cercanos de la fuerza del viento y proteger al suelo de la erosión (Propuestas 15 y 16, respectivamente).

3.3.5. Finca Cristal

Al ser una finca extensa se han planteado mejoras en sus cultivos con asociaciones que produzcan mayores ingresos. Esta propiedad se dedica mayoritariamente a la ganadería, por lo que es importante prestar atención especial a los potreros. Estos pueden ser divididos para que la carga animal no afecte al suelo y por ende pueden rotar de lugar cada determinado tiempo, adicionalmente incorporar la propuesta 6, para que se brinde sombra al ganado y ayude a facilitar la absorción de nutrientes del pasto para mejorar la calidad de alimento para el ganado (Figura 9A).

La siguiente etapa de asociaciones es la propuesta 5, ya que son cultivos sinérgicos que se ayudan mutuamente a la absorción de agua y nutrientes, y ayudan al suelo a mantenerse húmedo y nutrido. Según Altieri y Nicholls (2000) la asociación de cultivos obliga a explotar las complementariedades y sinergias. En este sentido es adecuado el asocio entre especies de la propuesta 19, debido a que no existe competencia por espacio, luz o nutrientes, y se protegen de plagas y enfermedades.

La balsa es una madera muy comercial pero que se toma su tiempo, por lo que se recomienda asociarla con otro cultivo de ciclo corto para obtener beneficios económicos hasta alcanzar la edad de cosecha (Propuesta 1), y se aumente la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo. El huerto debe mejorarse con la siembra de hortalizas y plantas aromáticas, como las detalladas en la propuesta 18. Como parte final, las cercas vivas deben repararse, con lo cual sería importante implementar la propuesta 13.

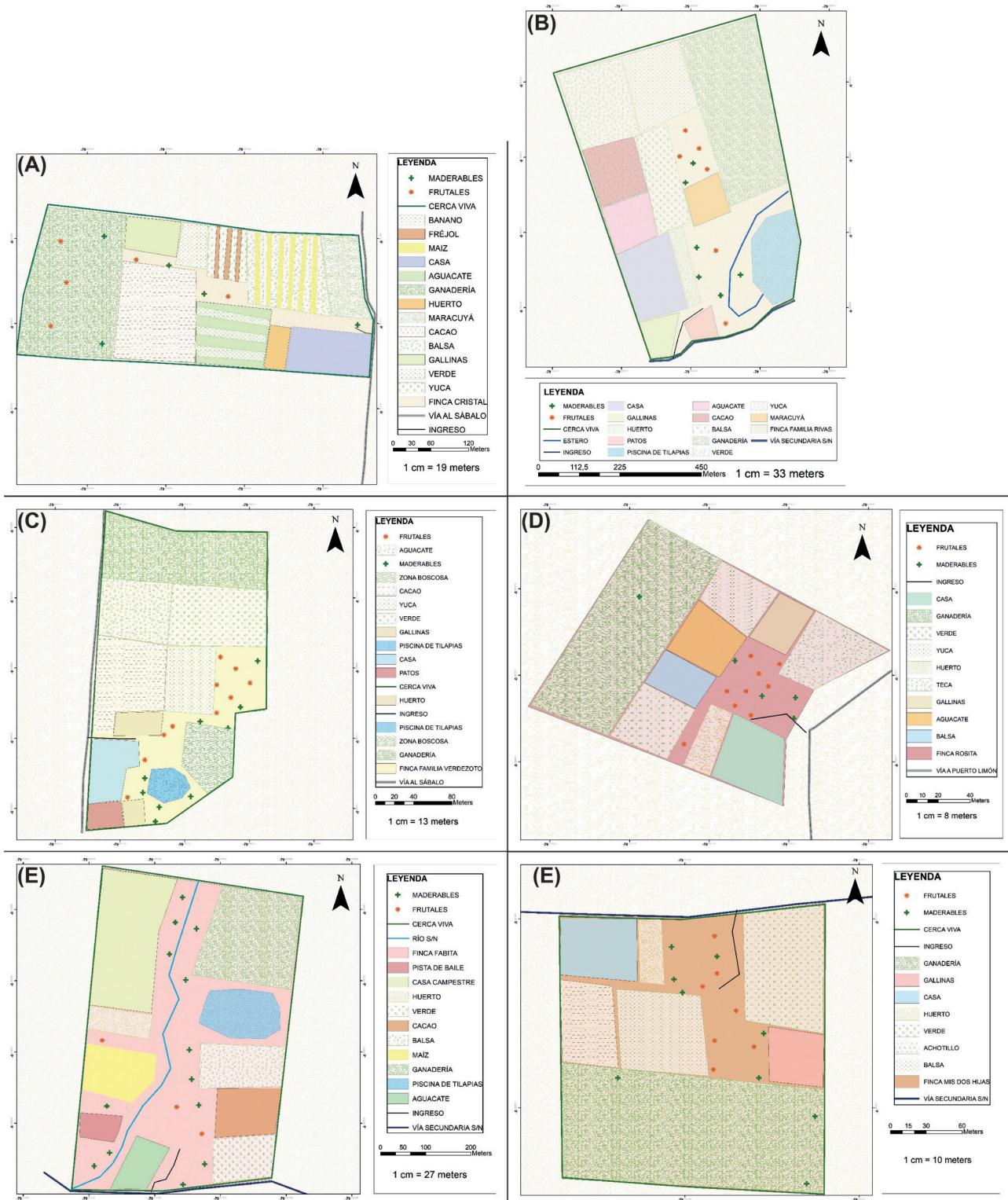


Figura 9. Propuesta de usos de suelo de las fincas Cristal (A), Familia Rivas (B), Familia Verdezoto (C), Rosita (D), Fabita (E), y Mis dos hijas (F).

Figure 9. Proposed land use and arrangements of Cristal (A), Rivas Family (B), Verdezoto Family (C), Rosita (D), Fabita (E), and Mis dos hijas (F) farms.

3.3.6. Finca Familia Rivas

La propuesta 1 es una de las alternativas de ingreso seguro, con la facilidad que se pueden explotar simultáneamente cultivos como yuca y maíz, garantizando un ingreso mientras se espera la producción de la madera, como lo señala Méndez Salgado (2009). Por otro lado, para *Theobroma cacao* (cacao) el asocio 4, al mismo

tiempo o de manera rotativa, permitiría que se comercialicen alrededor de 120 cajas de plátano de exportación al mes, siendo uno de los ingresos importantes para la familia (Figura 9B).

Se establece un sector para la siembra de cítricos (Propuesta 19), los cuales forman parte de los potreros como prestadores de sombra para el ganado. Así también se distribuyen árboles maderables (Propuesta 20), formando así un sistema agrosilvopastoril donde el ganado rota por los potreros cada determinado tiempo, evitando la compactación del suelo con la carga animal. Las riberas del río deben ser despejadas y respetar los 50 m de franja de protección establecidos por la ley, y por ende también ser cubiertas con árboles que ayuden a la conservación del recurso hídrico (Propuesta 7), los cuales al tener un sistema radicular muy amplio se adhieren al suelo y lo sujetan con tal fuerza que impiden los desbordamientos y derrumbes de laderas.

Se establece la readecuación del huerto cerca de la casa principal, donde se siembren vegetales y hortalizas para su consumo (Propuesta 8). Para el abono se debe utilizar los restos de frutas, cascas y demás residuos orgánicos que se obtengan de la cocina. Un plus para la piscina de tilapia es mejorar la apariencia y ofrecer el servicio de pesca deportiva para particulares, como una iniciativa de agroturismo. Las cercas vivas deben implementarlas ya que son escasas, por lo que se recomienda especies de la Propuesta 13 que protejan el suelo, sirvan como cerramientos económicos y ecológicos, además de que tengan un aspecto visual agradable.

3.3.7. Finca Familia Verdezoto

En los potreros se propone un sistema agrosilvopastoril con árboles frutales y maderables (Propuesta 6), estos ayudan a regular la temperatura del ganado y amortiguan las emisiones de metano (Figura 9C).

En el sembrío de *JMusa × paradisiaca* (plátano) se planteó implementar la propuesta 5, estos dos cultivos son sinérgicos por lo que no hay competencia de espacio, luz o nutrientes, por el contrario, se ayudan mutuamente para obtener los nutrientes necesarios del suelo, crecer y mantenerse en el tiempo. Para el cultivo de *Manihot esculenta* (yuca) se estableció la asociación 19, ya que estos dos cultivos se aportan los nutrientes necesarios para su desarrollo.

Para el cultivo de *Theobroma cacao* (cacao) se plantea la propuesta 4. Estos cultivos ayudan a regular las condiciones del suelo, mejorando su nutrición y desarrollando mejores frutos (Tamayo Ortiz y Alegre Orihuela, 2022). En función de las necesidades del agricultor se propone un huerto con ciertas hortalizas que son de uso diario, a esto se le suman plantas aromáticas y medicinales (Propuesta 15). Finalmente, las cercas vivas deben ser arregladas en las partes necesarias y se aconseja la implementación de especies arbóreas beneficiosas (Propuestas 9 y 13).

3.3.8. Finca Rosita

Es la finca más pequeña del estudio, y lo que se produce en esta propiedad es mayoritariamente para consumo propio. Sin embargo, se ha planteado que realicen asociaciones para diversificar sus cultivos y darle rentabilidad a los mismos. A continuación, se describen las asociaciones propuestas (Figura 9D). En el sector de los potreros se propone incorporar árboles frutales y maderables (Propuesta 24). Esta combinación de árboles con *Cynodon dactylon* (pastos) se denomina sistema agrosilvopastoril y es uno de los más propicios, ya que interactúan cuidando el suelo de la erosión y compactación, así como también sirven de sombra y como colchón de amortiguamiento para los gases producidos por el ganado.

Se propone el asocio 1, por ser combinaciones que proporcionarán ingresos inmediatos mientras se espera la cosecha de los árboles de teca. Esta asociación genera sinergias ecológicas, ya que el maíz contribuye a la fijación de nitrógeno en el suelo, enriqueciendo así el sustrato y favoreciendo el crecimiento de la teca. Como resultado, se obtienen troncos de mejor calidad para su comercialización. Además, esta combinación reduce la probabilidad de que las plantas contraigan plagas o enfermedades, promoviendo un agroecosistema más saludable y productivo.

En el sembrío de *JMusa × paradisiaca* (plátano) se plantea implementar la propuesta 5 con dos cultivos sinérgicos, que se benefician mutuamente en cuanto a su nutrición. Por otro lado, el asocio 1, que al ser de ciclo corto, aporta económicamente hasta que esté listo el cultivo de balsa.

Se recomienda incrementar el número de gallinas ponedoras para mayor comercialización de huevos. También se planteó la readecuación del huerto en donde se siembren verduras y hortalizas de mayor consumo (Propuesta 18). Este huerto debe estar cerca de la casa principal para que tengan acceso a los alimentos al momento de cocinar. Por último, que las cercas vivas lleven especies que generen mayor resistencia (Propuesta

21), y funcionen como barrera contra el viento, evitando la erosión del suelo y cuidando los sembríos aledaños; y, una vez alcanzada su edad de cosecha, comercializadas como un ingreso extra.

3.3.9. Finca La Fabita

La Fabita es una finca completa con acceso al río, casa campestre que a su vez funciona como restaurante para los visitantes, pista de baile con techo de paja toquilla, senderos y piscina de tilapias. Tiene también una casa adecuada con habitaciones de hospedaje (Figura 9E). La propuesta es una finca agroturística, para generar un nuevo modelo en el desarrollo de productos, enfocado en las tradiciones y costumbres que hacen únicas a las comunidades como lo señala el Ministerio de Turismo (MINTUR, 2020). Esto permitirá fortalecer el trabajo debido a que ya oferta este tipo de actividades (Figura 9E).

Se propone que en el sector del restaurante se adecúe el huerto para utilizar los productos de la finca. En cuanto a los potreros se introducen árboles (Propuesta 6). Este sistema agrosilvopastoril da las condiciones idóneas al suelo, al pasto y por ende al ganado. El guayacán especialmente debe introducirse, ya que cada año florece dando un aspecto amarillo muy llamativo. Alrededor de la pista de baile se aconseja potenciar la siembra de *Prunus dulcis* (almendros), que dan un aspecto muy relajado y de sombra para los turistas, e incluso se pueden colocar unas hamacas para el descanso. También en las riberas del río se debe implementar la siembra de árboles (Propuesta 7), que ayudan a la preservación del recurso hídrico y a su vez dan soporte a las paredes del suelo, evitando desbordamientos y proveyendo sombra para el descanso de turistas.

Para los cultivos de *Musa × paradisiaca* (plátano) y *Ochroma pyramidalis* (balsa), las propuestas 4 y 1, respectivamente, son recomendadas. Por un lado, sus interacciones producen que el suelo se nutra de mejor manera y conserve humedad, así como por la importancia económica del plátano. Por otro lado, la balsa al ser un cultivo que toma tiempo para ser cosechado debe asociarse con otro cultivo de ciclo corto para generar ingresos hasta que la maderable esté lista para su comercialización. Estos cultivos han demostrado tener mayor sinergismo ecológico como se ha señalado anteriormente.

Un lote con el asocio 3 tiene importantes beneficios ecológicos y económicos, es decir, el fréjol ayudaría a fijar nitrógeno [N] al suelo para el maíz, cuyo principal requerimiento es el N, y que absorba esos nutrientes con mayor facilidad. Además, se protegen de plagas y enfermedades que son muy perjudiciales en los cultivos comunes de maíz. En el cultivo *Persea americana* (aguacate) se recomienda las especies de la propuesta 5, que tienen sinergismo, y se ayudarían en la absorción de agua y nutrientes.

Finalmente, el gran atractivo del agroturismo es la piscina de tilapias para pesca deportiva, por lo que debe contar con todos los implementos para facilitar el uso de las instalaciones. Además, por cuestiones de estética se recomienda mejorar las cercas vivas con la propuesta 13, 16 o 22, y podándola para que no alcance alturas exageradas e impidan apreciar el paisaje.

3.3.10. Finca Mis Dos Hijas

Para el lote de frutales la propuesta 22 brindaría a los potreros protección, y soporte al suelo, mayor nutrición al pasto y a su vez sombra al ganado (Figura 9F). Actualmente, comercializan alrededor de 100 a 120 cajas de banano (*Musa spp*) de exportación, y se propone asocio con *Theobroma cacao* (cacao), que también es un cultivo de alto valor económico. Esta asociación beneficia a ambos cultivos en cuanto a nutrientes y humedad, que son esenciales para su crecimiento y producción.

Para *Ochroma pyramidalis* (balsa) la propuesta 1 se considera adecuada por su importante beneficio ecológico y económico, ya que el ciclo corto aportaría ingresos necesarios hasta la cosecha de la balsa. Se propone aumentar la cantidad de gallinas ponedoras en la actividad económica de comercialización, con el fin de generar ingresos adicionales a través de la venta de huevos.

Para protección del río está la propuesta 7. En el huerto establecido se recomienda la siembra de más especies (Propuesta 21). Además, ya que su cerco está muy deteriorado y las estacas utilizadas no brindan mayores servicios ecosistémicos, se proponen cercas vivas (Propuesta 7).

3.4. Análisis de las propuestas de asociaciones agroforestales

La investigación demuestra la pertinencia de las metodologías empleadas en la sostenibilidad de las fincas en el entendimiento normalizado de los sistemas agroforestales. No obstante, se reconocen otras aproximaciones

que proceden de los sistemas socio ecológicos que cuestionan el paradigma de la separación del ser humano y la naturaleza, incluyendo las plantas domesticadas, y en las que se hace una mejor interrelación entre los agroecosistemas y la biodiversidad (González-Valdivia et al., 2016), o sistemas agroforestales y dinámica de la ecología del paisaje rural. Y aunque no es el objeto de este estudio, y estos alcances pueden ser un punto de partida, son insuficientes en el entendimiento normalizado de los sistemas agroforestales a nivel rural. Las limitaciones de este enfoque incluyen su carácter individualizado, que puede no abordar adecuadamente las dinámicas más amplias del paisaje y las interacciones entre diferentes sistemas productivos (Plieninger et al., 2020).

Normalizar sistemas agroforestales que actúen como peldaños o mosaico paisajístico en la conectividad de procesos para la sostenibilidad de los paisajes forestales, en estas ricas zonas de vida (conformadas por bosque muy Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Piemontano, Bosque muy Húmedo Montano Bajo y Bosque Pluvial Montano) del Cantón Santo Domingo, se justifican por si solas en el actual contexto de cambio climático, erosión genética y cultural.

En tal sentido, quedan abiertas líneas de investigación orientadas a entender las relaciones socioculturales, los cultivos y la biodiversidad, en perspectiva de agroforestería agroecológica que incorporen el análisis en un contexto más amplio, como el paisaje o la cuenca hidrográfica o un sistema regional de áreas naturales.

4. Conclusiones

El uso del suelo en las fincas se distribuye de la siguiente manera: 48% para agricultura, 32% para ganadería y 20% para otros usos. Los cultivos más comunes son el cacao, que representa el 55%, y el plátano, con un 24%. Las principales especies agrícolas en las fincas incluyen cacao, balsa, plátano y yuca. Se identificaron cuatro tipos de sistemas agroforestales: cercas vivas, agrosilvopastoril, asociaciones de maderables con cultivos de ciclo corto, y agroforestal especial.

En cuanto a la producción animal, destacan el ganado vacuno y porcino. Además, las fincas de las familias Rivas y Verdezoto, junto con La Fabita, cuentan con pozas para la cría de tilapia. La Fabita también se dedica al agroturismo, lo que representa un ingreso adicional significativo.

En el ámbito social, el 55% de los propietarios de los sistemas agroforestales estudiados solo ha completado la educación primaria. Los ingresos económicos principales provienen de la venta de cacao y ganado, mientras que otros ingresos se generan a partir de la venta de madera y plátano. Los egresos se destinan principalmente a la compra de herramientas, combustible, transporte y pago de capital humano eventual.

La evaluación de sostenibilidad reveló que las fincas “Familia Rivas”, “Los Tres Hermanos” y “La Fabita”, cumplen con los criterios de sostenibilidad, al alcanzar puntajes iguales o superiores a 2 en las dimensiones económica, ecológica y social. Sin embargo, la finca “María” no puede considerarse sostenible debido a que su indicador ecológico es de 1.75, lo cual está por debajo del umbral mínimo de 2 establecido por la metodología de Sarandón. Este análisis subraya la importancia de mantener un equilibrio entre las tres dimensiones para lograr la sostenibilidad en los sistemas agroforestales.

Para cada finca se propusieron diversas asociaciones de especies maderables con cultivos de ciclo corto, así como la integración de cítricos y árboles maderables con pasto de potrero. Además, se incluyó el cuidado de cuencas hídricas mediante la incorporación de *G. angustifolia* (caña guadúa) y *Z. longifolia* (chíparos), y se sugirió la implementación de cercas vivas con especies como limoncillo, cucardas y caraca en los linderos, junto con un huerto de hortalizas. También se planteó la crianza de ganado, ajustada al espacio disponible y a la capacidad de cada finca.

Para las fincas Rivas, Fabita y Verdezoto, se recomienda continuar desarrollando su proyecto de agroturismo, teniendo en cuenta los ajustes sugeridos en esta propuesta. Finalmente, se diseñaron mapas que ilustran el modelo agroforestal rentable propuesto para cada propiedad, facilitando una mejor comprensión de las recomendaciones.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a los agricultores de las parroquias, Valle Hermoso y la parroquia Puerto Limón del Cantón Santo Domingo, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Contribuciones de los autores

- Julio César Muñoz-Rengifo: investigación, conceptualización, curación de datos, metodología, validación, supervisión, redacción – revisión y edición.
 - Madelyn Nicol Moyano Zambrano: investigación, conceptualización, metodología, validación, administración del proyecto, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.
 - Marcelo Luna: metodología, validación, conceptualización, redacción - borrador original.
 - Juan José Reyes-Pérez: conceptualización, metodología, validación, redacción – revisión y edición.
 - Marco Heredia-R: metodología, conceptualización, redacción – revisión y edición.
 - Segundo Bolier Torres Navarrete: metodología, validación, redacción – revisión y edición.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no requirieron aprobación de un Comité de Ética en Seres Humanos, debido a que se trató de la aplicación de encuestas a agricultores, quienes otorgaron su permiso libre y voluntario para participar. Se garantizó el consentimiento informado de cada agricultor participante, asegurando que comprendieran el objetivo del estudio, su participación voluntaria y el derecho a no responder o retirarse en el momento que consideren oportuno, sin consecuencias. Se respetaron estrictamente los principios bioéticos de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, protegiendo la confidencialidad y privacidad de los datos recopilados. La investigación cumplió con la legislación nacional aplicable, Ley de Estadística y la Ley Orgánica de Salud de Ecuador, las cuales protegen la dignidad de los participantes y regulan el manejo adecuado de la información personal. Se obtuvo permiso de la comunidad agrícola para la realización de entrevistas y encuestas.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Aguirre-Forero, S. E., Piraneque-Gambasica, N. v., y Abaunza-Suárez, C. F. (2021). Especies con potencial para sistemas agroforestales en el Departamento del Magdalena, Colombia. *Información Tecnológica*, 32(5), 13-28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000500013>

Alcívar-Torres, A., García-Vásquez, G., Cadena-Piedrahita, D., y Sánchez-Váquez, V. (2019). Evaluación y planificación de sistemas agroforestales sustentables de cacao (*Theobroma cacao* L.) y bambú (*Guadua angustifolia* K.), Montalvo, Ecuador. *Journal of Science and Research* 4(4):10-21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3473532>

Altieri, M., y Nicholls, C. I. (2000). *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%20C3%ADa/Material/Teoria_agricultura_sustentable.pdf

Anzules, V., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., y Julca-Otiniano, A. (2018). Caracterización de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 39-50. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/493>

Auquilla-Cisneros, R. C. (2005). *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvo-pastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5628>

Barrezueta-Unda, S. A., y Paz-González, A. (2018). Indicadores de sostenibilidad sociales y económicos: Caso productores de cacao en El Oro, Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 11(27), 20-29. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss27.2018pp20-29p>

Caicedo-Vargas, C. E. (2020). Agroforestería: Una alternativa de agricultura sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. *Ecuador Es Calidad*, 7(1), 17-20. <https://revistaecuadorescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad>

- cuadorescalidad/index.php/revista/article/view/81
- Carvajal Benavides, J. G., Mugmal Farinango, Y. C., Rosales Enríquez, O. A., y Layana Bajaña, E. M. (2024). Diseño del Sistema Agroforestal Tradicional Andino, respetando la diversidad biocultural, en la comunidad quichua de el manzanal, parroquia Caranqui, cantón Ibarra. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(1), 366-389. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i1.1004>
- Cayambe, J., Heredia-R, M., Torres, E., Puhl, L., Torres, B., Barreto, D., Heredia, B. N., Vaca-Lucero, A., y Diaz-Ambrona, C. G. H. (2023). Evaluation of sustainability in strawberry crops production under green-house and open-field systems in the Andes. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2255449>
- Celi-Delgado, L., y Aguirre-Mendoza, Z. (2022). Caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales de la parroquia Zumba, cantón Chinchipe, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(4), 814-837. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2626
- Contreras-Santos, J. L., Martinez-Atencia, J., Raghavan, B., López-Rebolledo, L., y Garrido-Pineda, J. (2021). Sistemas silvopastoriles: mitigación de gases de efecto invernadero, bosque seco tropical - Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 901-919. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43313>
- Corral Zambrano, C. A., Zambrano Solórzano, L. J., Pincay Vargas, D. M., y Calo Gómez, S. G. (2021). Impactos ambientales generados por la ganadería en la provincia de Santo Domingo de Tsáchilas. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(2), 69-78. <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/255>
- Corven, J. M. (1993). *Asociación de cultivos con Cacao. Aspectos Económicos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10178>
- da Silveira Nicoloso, C., Pires Silveira, V. C., Coelho Filho, R. C., y Quadros, F. L. F. (2018). Aplicação do Método Mesmís para Análise da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Pecuária Familiar em Área do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul. *Desenvolvimento Em Questão*, 16(45), 354-376. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.45.354-376>
- GAD Municipal de Santo Domingo (2015). *PDOT 2030 Santo Domingo*. GAD Municipal de Santo Domingo. [https://www.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2018/05-Mayo/Anexos/s\)/PDOT%202030/ PDOT%202030%20SANTO%20DOMINGO.pdf](https://www.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2018/05-Mayo/Anexos/s)/PDOT%202030/ PDOT%202030%20SANTO%20DOMINGO.pdf)
- GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas (2015). PDOT Provincial. GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas. https://www.gptsachila.gob.ec/dtransparencia/PDOT_Provincial.pdf
- González-Valdivia, N. A., Casanova-Lugo, F., y Cetzel-Ix, W. (2016). Sistemas agroforestales y biodiversidad. *Agroproductividad*, 9(9), 56-60. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/818>
- Goodman, L. A. (1961). Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1), 148-170. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177705148>
- Heredia-R, M., Blanco-Gutiérrez, I., Esteve, P., Puhl, L., y Morales-Opazo, C. (2024). Assessment of sustainability in cocoa farms in Ecuador: application of a multidimensional indicator-based framework. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2379863>
- Heredia-R, M., Torres, B., Cabrera-Torres, F., Torres, E., Díaz-Ambrona, C. G. H., y Pappalardo, S. E. (2021). Land use and land cover changes in the diversity and life zone for uncontacted indigenous people: Deforestation hotspots in the Yasuní Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Forests*, 12(11), 1539. <https://doi.org/10.3390/f12111539>
- Heredia-R, M., Torres, B., Cayambe, J., Ramos, N., Luna, M., y Diaz-Ambrona, C. G. H. (2020). Sustainability assessment of smallholder agroforestry indigenous farming in the Amazon: A case study of Ecuadorian Kichwas. *Agronomy*, 10(12), 1973. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121973>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6^a ed.). McGraw Hill Education.
- Ipinza, R., Barros, S., de la Maza, C. L., Jofré, P., y González, J. (2021). Bosques y Biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(1), 101-132. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.475>
- Jadán, O., Torres Navarrete, S. B., y Günter, S. (2012). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revisita Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 1(3), 173-185. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v01n03ep02-0017>
- Jumbo, Á. (2017). *Caracterización morfológica del cacao (Theobroma cacao L.) en la cuenca del Río Nangaritza provincia de Zamora Chinchipe*. Universidad Nacional de Loja. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/>

handle/123456789/18444

- Méndez Salgado, N. (2009). *La Balsa (Ochroma pyramidale) un cultivo promisorio para Colombia*. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <https://repositorio.elpoli.edu.co/handle/123456789/7966>
- Meul, M., Passel, S., Nevens, F., Dessein, J., Rogge, E., Mulier, A., y Hauwermeiren, A. (2008). MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 321-332. <https://doi.org/10.1051/agro:2008001>
- Ministerio de Turismo [MINTUR]. (2020). *El agroturismo beneficiaría a la reactivación en Ecuador*. <https://www.turismo.gob.ec/el-agroturismo-beneficiaria-a-la-reactivacion-en-ecuador/>
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl, B. (2015). *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7124>
- Morán Delgado, G., y Alvarado Cervantes, D. G. (2010). *Metodología de la Investigación*. Pearson Educación.
- Muchane, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Jonsson, M., Pumariño, L., y Barrios, E. (2020). Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106899>
- Muñoz-Rengifo, J. C. (2019). *Vulnerabilidad de especies mediterráneas frente a perturbaciones como sequías intensas e incendios*. Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/113633>
- Muñoz-Rengifo, J. C., Rojas, J. A., Villamar-Torres, R. O., Reyes-Pérez, J. J., y Jazayeri, S. M. (2021). Effectiveness of using attractants to control *Hypothenemus hampei* in *Coffea arabica* crop in the Ecuadorian Amazon. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 43(3), 581-588. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2680>
- Organización de las Naciones unidad para la agricultura y Alimentación [FAO]. (2014). *SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems: Tool User Manual Version 2.4.1*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3957e>
- Organización de las Naciones unidad para la agricultura y Alimentación [FAO]. (1997). *Zonificación Agroecológica, Guía general*. Boletín de Suelos de la FAO No. 73. FAO. <https://www.fao.org/4/w2962s/w2962s00.htm>
- Pilco, J; Delgado, M; y Carrera, C. (2018). *Asociación productiva de maíz en cultivos de teca en etapa de establecimiento*. Ecuacuímica.
- Plieninger, T., Muñoz-Rojas, J., Buck, L. E., y Scherr, S. J. (2020). Agroforestry for sustainable landscape management. *Sustainability Science*, 15(5), 1255-1266. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00836-4>
- Sarandón, S. J., Flores, C. C., Gargoloff, N. A., y Blandi, M. L. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas construcción y aplicación de indicadores. En *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 375-410). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata [EDULP]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/178712>
- Somarriba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, 19(3), 233-240. <https://doi.org/10.1007/BF00118781>
- Tamayo Ortiz, C. V., y Alegre Orihuela, J. C. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1), e3287. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.328>
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Bielders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Cidad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., van der Veken, B., Wauters, E., y Peeters, A. (2007). SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(2-4), 229-242. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>
- Van Passel, S., y Meul, M. (2010). Multilevel sustainability assessment of farming systems: A practical approach. En *Proceedings of the 9th European IFSA Symposium* (pp. 791-800). Vienna. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133409850>
- Verdezoto Vargas, V. H., Cusquillo Totoy, D. G., Verdezoto Castillo, C. F., y Álvarez Pozo, V. F. (2024). Ordenamiento de fincas productoras de cacao nacional (*Theobroma cacao*, L.), mediante sistemas agroforestales renovados. *Revista Social Fronteriza*, 4(2), e42216. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(2\)216](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(2)216)
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., y Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method - from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable Development*, 16(4), 271-281. <https://doi.org/10.1002/sd.380>