UEA Forestal
PrePrint UEA

Sección Forestal
Vol. FOR2626. ep01–1216

| Recibido: 27/08/2026 |
| Aceptado: 24/09/2026 |
| Publicado: 07/10/2026 |

# Diagnóstico de cultivos agrícolas y diversidad vegetal en sistemas agroforestales finca "Lucero", parroquia Teniente Hugo Ortiz

## Diagnosis of Agricultural Crops and Plant Diversity in Agroforestry Systems at "Lucero" Farm, Teniente Hugo Ortiz Parish

Jhenifer Fabiola Paqui Poma[1], Leandro Joffre Shiguango Andi[1], Yoel Rodríguez Guerra[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2626ep01-1216

**Resumen**

Los sistemas agroforestales constituyen una alternativa para integrar producción, conservación de la biodiversidad y resiliencia socioecológica en la Amazonía. El objetivo del estudio fue diagnosticar los componentes agrícolas y la diversidad vegetal del sistema agroforestal de la finca Lucero, parroquia Teniente Hugo Ortiz, Pastaza, Ecuador, para sustentar estrategias de mejoramiento productivo y ambiental adaptadas a las condiciones locales. Se realizó un estudio de caso descriptivo y observacional. El componente agrícola incluyó georreferenciación y delimitación de las áreas productivas, recorridos técnicos, observación directa y entrevista semiestructurada a un productor, además del registro de prácticas de manejo, fertilización, enfermedades y rendimiento de la producción. El componente forestal se evaluó en tres parcelas de 20 × 20 m, con una superficie total muestreada de 1.200 m², donde se registraron 35 individuos arbóreos. Se determinaron variables dasométricas, riqueza, abundancia y frecuencia relativas, dominancia, índice de valor de importancia, Shannon-Wiener, Simpson, equidad e Índice Compuesto de Conservación. La finca presentó una superficie delimitada aproximada de 470.000 m² y una producción agrícola diversificada, con predominio del cacao y limitaciones nutricionales y fitosanitarias. La diversidad y estructura variaron entre parcelas; Shannon-Wiener fue 0,695, 0,669 y 0,579 para P1, P2 y P3, respectivamente. A partir del diagnóstico se propusieron intensificación agroecológica, regeneración natural asistida, enriquecimiento selectivo y monitoreo adaptativo como estrategias de manejo, cuya efectividad deberá evaluarse posteriormente.

**Palabras clave**

sistemas agroforestales; diversidad vegetal; manejo agroproductivo; bosque secundario; sostenibilidad

**Abstract**

Agroforestry systems offer an alternative for integrating production, biodiversity conservation, and socio-ecological resilience in the Amazon. The study aimed to assess the agricultural components and plant diversity of the agroforestry system at the Lucero farm (Teniente Hugo Ortiz parish, Pastaza, Ecuador) to support strategies for production and environmental improvement tailored to local conditions. A descriptive, observational case study was conducted. The agricultural component involved georeferencing and delineating productive areas, technical field walks, direct observation, and a semi-structured interview with a producer, alongside the recording of management practices, fertilization, disease issues, and production yields. The forestry component was evaluated across three 20 × 20 m plots—totaling a sampled area of 1,200 m²—where 35 individual trees were recorded. Parameters determined included dasometric variables, species richness, relative abundance and frequency, dominance, Importance Value Index, Shannon-Wiener and Simpson indices, evenness, and the Composite Conservation Index. The farm covered an approximate area of 470,000 m² and featured diversified agricultural production—predominantly cacao—alongside nutritional and phytosanitary limitations. Diversity and structure varied across plots; Shannon-Wiener values were 0.695, 0.669, and 0.579 for plots P1, P2, and P3, respectively. Based on the assessment, agroecological intensification, assisted natural regeneration, selective enrichment, and adaptive monitoring were proposed as management strategies, the effectiveness of which should be evaluated in the future.

**Keywords**

agroforestry systems; plant diversity; agro-productive management; secondary forest; sustainability

**Direcciones**

[1]Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. Pastaza, Ecuador. Email: jf.paquip@uea.edu.ec, lj.shiguangoa@uea.edu.ec, yrodriguez@uea.edu.ec

**Autor para la correspondencia**

Jhenifer Fabiola Paqui Poma. Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. Pastaza, Ecuador. Email: jf.paquip@uea.edu.ec

**Cómo citar**

PAQUI POMA, Jhenifer Fabiola, SHIGUANGO ANDI, Leandro Joffre and RODRÍGUEZ GUERRA, Yoel 2026. Diagnóstico de cultivos agrícolas y diversidad vegetal en sistemas agroforestales finca "Lucero", parroquia Teniente Hugo Ortiz. PrePrint UEA. Vol. FOR2626. p. ep01–1216. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2626ep01-1216

**Editores Académicos** Billy Daniel Coronel Espinoza

**Editorial** Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

**Copyright**

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

# 1. Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) constituyen una alternativa de uso sostenible de la tierra basada en la integración deliberada de especies arbóreas y arbustivas con cultivos agrícolas o actividades pecuarias dentro de una misma unidad productiva. Su implementación ha adquirido relevancia frente a desafíos como la degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la necesidad de desarrollar sistemas de producción más resilientes. En este contexto, la agroforestería se reconoce como una estrategia que puede contribuir simultáneamente a la conservación de los recursos naturales y a la producción sostenible de alimentos (Sharma et al. 2022).

En América Latina, los SAF tienen especial importancia en

territorios tropicales y amazónicos, donde históricamente se han combinado cultivos como cacao, café, plátano, yuca, maíz y frutales con especies forestales, medicinales y maderables. En Ecuador, estas formas de producción adquieren particular relevancia en la Región Amazónica, donde sistemas tradicionales, como la chakra amazónica, y diferentes asociaciones agroforestales integran conocimientos locales con prácticas de manejo productivo. Estudios desarrollados en esta región evidencian que la composición y estructura de estos sistemas pueden favorecer la conservación de la diversidad vegetal, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la estabilidad de la producción; sin embargo, sus características varían de acuerdo con las especies presentes, la organización espacial de los cultivos y las prácticas de manejo implementadas en cada unidad productiva (Huera-Lucero et al. 2024).

La diversidad vegetal constituye un componente fundamental para caracterizar los sistemas agroforestales, ya que permite conocer su composición, estructura y heterogeneidad. La identificación de las especies y el análisis de su riqueza, abundancia y frecuencia, complementados con índices como Shannon, Simpson y el valor de importancia, proporcionan información para interpretar la organización de la vegetación y reconocer las especies con mayor representación dentro del sistema. Esta información constituye una base técnica para orientar decisiones de manejo y conservación adaptadas a las condiciones particulares de cada finca (Baier et al. 2023) .

Diversos estudios recientes han demostrado que los sistemas agroforestales, cuando se manejan de manera adecuada, generan beneficios productivos y ambientales asociados a la incorporación de especies vegetales complementarias. Estas especies pueden contribuir al incremento del rendimiento, el reciclaje de nutrientes y la mejora de las condiciones nutricionales del sistema. En este sentido, la combinación planificada de cultivos y especies asociadas constituye una estrategia clave para fortalecer la sostenibilidad, la resiliencia ecológica y la eficiencia productiva de las fincas agroforestales (Vargas-Tierras et al. 2021)

De manera complementaria, el diagnóstico de los cultivos agrícolas permite identificar las especies cultivadas, su distribución espacial y las principales características de manejo dentro de la unidad productiva. La integración de esta información con la caracterización de la diversidad vegetal ofrece una visión más completa de la estructura del sistema agroforestal y permite reconocer relaciones entre los componentes agrícolas y arbóreos. En consecuencia, el diagnóstico a escala de finca constituye una herramienta necesaria para identificar limitaciones y potencialidades antes de establecer acciones de mejoramiento del sistema (Jimenez González et al. 2024) .

A pesar del avance de las investigaciones sobre agroforestería en Ecuador, todavía existen vacíos de información a escala de finca, particularmente en unidades productivas amazónicas donde los cultivos agrícolas y las especies arbóreas se han establecido sin una caracterización técnica sistematizada. En la finca “Lucero”, ubicada en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, no se dispone de información integrada que permita establecer con precisión la composición y distribución de los cultivos agrícolas, caracterizar la diversidad vegetal presente y relacionar estos componentes con las condiciones actuales de manejo. Esta ausencia de información limita la identificación de acciones de manejo ajustadas a las características particulares del sistema agroforestal (Jimenez González et al., 2024).

En este contexto, el estudio de la finca “Lucero” permite generar una línea base a escala local mediante la integración del diagnóstico de los cultivos agrícolas, la caracterización de la composición vegetal, el análisis de indicadores de diversidad y la georreferenciación de los componentes evaluados. Este enfoque facilita una caracterización espacial y ecológica de la unidad productiva y proporciona criterios técnicos para orientar medidas de manejo dirigidas al mejoramiento del sistema agroforestal.

Por lo expuesto, el objetivo de la presente investigación fue diagnosticar los cultivos agrícolas y la diversidad vegetal del sistema agroforestal de la finca “Lucero”, parroquia Teniente Hugo Ortiz, con el fin de generar criterios técnicos que orienten estrategias de mejoramiento productivo y ambiental ajustadas a sus condiciones locales.

## 2. Metodología

### *2.1. Área de estudio*

La investigación se desarrolló en la finca “Lucero”, comunidad Allishungo, parroquia Teniente Hugo Ortiz, provincia de Pastaza, Región Amazónica del Ecuador (**Figura 1**). El predio fue delimitado mediante coordenadas UTM, datum WGS84, zona 18S: P1 (172815 E; 9846754 N), P2 (172701 E; 9846631 N), P3 (172492 E; 9846857 N) y P4 (172634 E; 9846966 N**.** El trabajo de campo se realizó entre el 1 de marzo y el 20 de agosto de 2026. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Teniente Hugo Ortiz, período 2023–2027 (GAD Parroquial Rural de Teniente Hugo Ortiz 2024)**,** el área presenta condiciones de clima megatérmico lluvioso y tropical húmedo, con temperaturas de 20–24 °C, media anual cercana a 22 °C y precipitaciones de 4 000 – 6 000 mm año$^{-1}$.

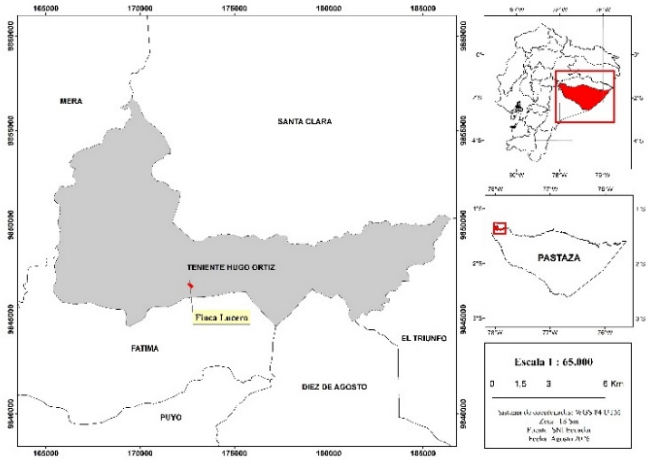


**Figura 1** | Ubicación de la comunidad Allishungo en Parroquia Teniente Hugo Ortiz.

### *2.2. Enfoque y diseño metodológico*

El estudio correspondió a un diseño de caso descriptivo y observacional, desarrollado en la finca El Lucero con el propósito de caracterizar integralmente su sistema agroforestal. El componente cuantitativo comprendió mediciones de campo de variables agrícolas y forestales, el registro georreferenciado de los componentes del sistema y el análisis espacial de los usos y coberturas del suelo. El componente cualitativo se obtuvo mediante una entrevista realizada al único productor responsable de la finca, orientada a documentar las prácticas de manejo, las limitaciones productivas y las oportunidades de mejoramiento identificadas desde su experiencia. Ambos componentes se integraron durante la interpretación de los resultados, contrastando y complementando la información proporcionada por el productor con las mediciones biofísicas, productivas y espaciales, lo que permitió elaborar un diagnóstico integral del sistema agroforestal a escala de finca (Allen et al. 2024) .

*2.3. Fases metodológicas para sistema agrícola:*

La investigación se estructuró en tres fases metodológicas complementarias. La primera comprendió la georreferenciación de la finca y delimitación espacial de áreas agrícolas; la segunda correspondió al diagnóstico inicial de los componentes y condiciones del sistema productivo; y la tercera se orientó a la evaluación de cultivos agrícolas y manejo agroproductivo y demanda agroindustrial. Esta secuencia permitió integrar la información espacial, productiva y comercial necesaria para evaluar las condiciones actuales de la finca y sustentar la selección de alternativas con potencial para su aprovechamiento agroindustrial.

*Fase 1. Georreferenciación de la finca y delimitación espacial de áreas agrícolas.*

La finca El Lucero fue georreferenciada mediante el levantamiento de puntos y polígonos utilizando la aplicación GPS Essentials, con el sistema de referencia WGS 84/UTM, zona 18 Sur, y una precisión aproximada de ±3 m. La información obtenida permitió delimitar espacialmente las áreas agrícolas, forestales y agroforestales, así como los cuerpos de agua, caminos internos, infraestructura productiva, sectores con pendiente, áreas de riesgo y zonas con potencial para restauración o diversificación productiva. Los datos obtenidos en campo fueron procesados en un sistema de información geográfica, QGIS, integrando cartografía base, imágenes satelitales y registros georreferenciados para generar mapas temáticos de uso actual del suelo, distribución de cultivos, ubicación de especies forestales relevantes y zonas prioritarias para el mejoramiento agroforestal. Este procedimiento permite capturar la heterogeneidad espacial propia de los sistemas agroforestales y fortalecer la planificación técnica de las estrategias de manejo a escala de finca (Minarsch et al. 2025) .

*Fase 2. Diagnóstico inicial de los componentes y condiciones del sistema productivo.*

Se realizó un diagnóstico inicial del sistema agroforestal mediante recorridos técnicos, observación directa y entrevista semiestructurada al productor, complementados con el registro de los principales componentes productivos. Este procedimiento permitió caracterizar los usos del suelo, cultivos agrícolas y frutales, áreas de conservación, zonas de manejo agroproductivo y principales limitaciones del sistema, siguiendo enfoques recientes de caracterización integral de fincas agroforestales (Allen et al. 2024) .

Para el componente agrícola se registraron las especies cultivadas, superficie ocupada, densidad de siembra, estado fenológico, vigor y sanidad, así como las prácticas de manejo relacionadas con sombra, fertilización, control de arvenses, cosecha y destino de la producción. Esta caracterización permitió integrar la variabilidad productiva, ecológica y de manejo propia de los sistemas agroforestales a escala de finca (Minarsch et al. 2025) .

*Fase 3. Evaluación de cultivos agrícolas y manejo agroproductivo y demanda agroindustrial.*

Los principales cultivos agrícolas de la finca Lucero fueron evaluados mediante observación directa, entrevista al productor y registro técnico de variables agroproductivas, considerando rendimiento estimado, manejo agronómico, disponibilidad de mano de obra, estacionalidad de la producción, destino de la cosecha (autoconsumo, comercialización y potencial de transformación). Además, se elaboró un calendario agroproductivo anual que integró las actividades de preparación del terreno, siembra, resiembra, fertilización, control de arvenses, manejo fitosanitario, cosecha, poscosecha y venta. Este procedimiento se fundamenta en metodologías recientes aplicadas en sistemas agroforestales, donde la evaluación de la productividad, los ingresos, la mano de obra y las prácticas de manejo permite interpretar el desempeño productivo y socioeconómico de la finca desde una perspectiva integral (Allen et al. 2024) .

*2.4. Formulación de la estrategia de mejoramiento agrícola.*

La estrategia de mejoramiento agrícola se formuló mediante un análisis de brechas entre las prácticas registradas en el diagnóstico agroproductivo y la evidencia científica disponible para cacao, papachina y caña de azúcar. Se enfocó en aspectos nutricionales, fitosanitarios, manejo de arvenses y arreglo espacial. Las intervenciones se priorizaron según las brechas identificadas y su compatibilidad con los principios agroecológicos de salud del suelo, reciclaje, reducción de insumos, biodiversidad y sinergias propuestos por (Wezel et al. 2020) .

*2.5. Levantamiento de parcela para bosque secundario Fina Lucero.*

El componente forestal del bosque secundario de la finca El Lucero se evaluó mediante muestreo estratificado, considerando sectores relativamente homogéneos en función de la cobertura vegetal, el uso del suelo, la pendiente, la accesibilidad y el grado de intervención. Se establecieron tres parcelas cuadradas de 20 × 20 m (400 $m^2$ cada una), para una superficie total muestreada de 1.200 $m^2$. Considerando que el bosque secundario abarcó 19.057 $m^2$, la intensidad de muestreo fue del 6,30 %. Las parcelas se georreferenciaron mediante receptor GPS/GNSS y se delimitaron en campo con cinta métrica y estacas (Minarsch et al. 2025).

La identificación preliminar de las especies se realizó en campo a partir del conocimiento local del propietario de la finca. Posteriormente, se recolectaron muestras botánicas representativas de las especies registradas para verificar

su identidad taxonómica mediante comparación con especímenes de referencia del herbario del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA). Para la caracterización estructural de la vegetación se determinaron los siguientes parámetros:

a. DAP (Diametro a la Altura del Pecho)

Se incluyeron todos los individuos vivos con diámetro a la altura del pecho DAP ≥ 10 cm cm, medido con cinta métrica a 1,30 m sobre el nivel del suelo y expresado en centímetros obteniéndose por la circunferencia (CAP), aplicado en la ecuación (1). Para cada individuo se registraron especie, familia botánica, abundancia. (Asigbaase et al. 2023).

$$DAP = \left(\frac{CAP}{\pi}\right) \quad (1)$$

b. Altura de la planta

La altura total de la planta se definió como la distancia vertical entre la base del tallo, a nivel del suelo, y el punto más alto de la copa. Esta variable se empleó como indicador del desarrollo estructural y del crecimiento de los individuos arbóreos y arbustivos presentes en el bosque secundario y en el sistema agroforestal. La medición se realizó mediante una vara graduada y los valores se expresaron en centímetros (cm) (Ayele et al. 2024) .

c. Ancho de la copa

El ancho de copa se determinó como la máxima distancia horizontal entre los extremos de la proyección de la copa del individuo, valor empleado en la ecuación (2). Esta variable permitió caracterizar la extensión lateral de la copa y aportó información para el análisis de la cobertura, el sombreamiento y la estructura del dosel.

$$AC = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (2)$$

Donde: AC = ancho promedio de la copa, D1 = diámetro de la copa en dirección Norte-Sur, D1 = diámetro de la copa en dirección Este-Oeste.

*2.6. Estudio de Diversidad*

La diversidad vegetal del bosque secundario fue evaluada mediante indicadores de composición florística, estructura horizontal y dominancia ecológica. Para ello, se calcularon la riqueza específica, abundancia absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa, dominancia relativa, índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson e Índice de Valor de Importancia. La abundancia relativa se estimó a partir del número de individuos de cada especie respecto al total de individuos registrados; la frecuencia relativa, según la presencia de cada especie en las parcelas; y la dominancia relativa, a partir del área basal calculada con el diámetro a la altura del pecho. El Índice de Valor de Importancia se obtuvo mediante la suma de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, lo que permitió identificar las especies con mayor peso ecológico y funcional dentro del sistema. El uso conjunto de riqueza, Shannon-Wiener y Simpson permite interpretar la diversidad desde perspectivas complementarias, debido a que la riqueza expresa el número de especies, Shannon integra riqueza y equidad, mientras que Simpson es más sensible a la dominancia de especies comunes (Ayele et al. 2024).

Para el análisis florístico se calcularon indicadores de composición, estructura y diversidad vegetal, con el propósito de interpretar la importancia ecológica de las especies presentes en el sistema agroforestal de la finca “Lucero”. Los indicadores empleados fueron riqueza específica, abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson e índice de valor de importancia.

La riqueza específica correspondió al número total de especies registradas en las unidades de muestreo (Guo et al. 2023). (Ecuación 1).

$$S = \Sigma\text{especies registradas} \quad (1)$$

La abundancia relativa se calculó siguiendo el procedimiento, mediante la proporción porcentual de individuos de cada especie respecto al total de individuos registrados (Ecuación 2).

$$AR_i = \left(\frac{ni}{N}\right) x100 \quad (2)$$

Donde: $AR_i$ = abundancia relativa de la especie i. $n_i$ = número de individuos de la especie i. N = número total de individuos registrados.

La frecuencia relativa se calculó mediante el método fitosociológico propuesto por (Mebrate et al. 2021). relacionando la frecuencia absoluta de cada especie con la suma de las frecuencias de todas las especies (Ecuación 3).

$$FR_i = \left(\frac{Fi}{\Sigma F}\right) x100 \quad (3)$$

Donde: $FR_i$ = frecuencia relativa de la especie i , $F_i$ = frecuencia absoluta de la especie i, es decir, número de unidades de muestreo donde estuvo presente , $\Sigma F$ = sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies.

La frecuencia absoluta representó la cantidad de unidades de muestreo en las que apareció una especie. A partir de este valor se calculó la frecuencia relativa la dominancia relativa se calculó a partir del área basal de cada especie, principalmente en individuos arbóreos. Este indicador permitió conocer la proporción del espacio ocupado por cada especie respecto al área basal total registrada. Su fórmula fue (Ecuación 4).

$$DR_i = \left(\frac{AB_i}{ABT}\right) x100 \quad (4)$$

Donde: $DR_i$ = dominancia relativa de la especie i , $AB_i$ = área basal total de la especie i , ABT = área basal total de todas las especies registradas.

La dominancia relativa se determinó siguiendo el enfoque de (Mebrate et al. 2021) a partir de la relación entre el área basal acumulada de cada especie y el área basal total de la comunidad vegetal.

Para calcular el área basal de cada individuo arbóreo se utilizó la fórmula (Ecuación 5).

$$AB = \pi x \left(\frac{DAP^2}{4}\right) \quad (5)$$

Donde: AB = área basal del individuo , $\pi$ = 3,1416 , DAP = diámetro a la altura del pecho, medido aproximadamente a 1,30 m del suelo.

El área basal de cada individuo arbóreo se calculó mediante la fórmula geométrica del área circular, empleando el diámetro a la altura del pecho, conforme a los procedimientos de medición forestal descritos por (Ward et al. 2023).

El índice de valor de importancia permitió determinar la relevancia ecológica de cada especie dentro del sistema agroforestal, a partir de la integración de la abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa (Lucio Villacreses [no date])

$$IVI_i = AR_i + FR_i + DR_i \quad (6)$$

Donde: $IVI_i$ = índice de valor de importancia de la especie i , $AR_i$ = abundancia relativa de la especie i , $FR_i$ = frecuencia relativa de la especie i , $DR_i$ = dominancia relativa de la especie i.

El índice de Shannon-Wiener se empleó para estimar la diversidad de especies considerando tanto la riqueza como la equidad en la distribución de los individuos (Plúas Ponce [no date]) (Ecuación 7).

$$H' = -\Sigma(p_i x \ln p_i) \quad (7)$$

Donde: $H'$ = índice de diversidad de Shannon-Wiener , $p_i$ = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos , ln = logaritmo natural , $\Sigma$ = sumatoria de todas las especies registradas.

La diversidad vegetal se estimó mediante el índice de Shannon, desarrollado originalmente por Shannon, el cual integra la riqueza de especies y la proporcionalidad de los individuos dentro de la comunidad.

El valor de $p_i$ se obtuvo mediante la siguiente fórmula (Ecuación 8).

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (8)$$

Donde: $n_i$ = número de individuos de la especie i , N = número total de individuos registrados.

La proporción de individuos de cada especie se calculó como pi=ni/N, conforme al planteamiento probabilístico empleado por Shannon y Simpson.

El índice de Simpson se utilizó para estimar la dominancia o probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Kitikidou et al. 2024) (Ecuación 9).

$$D = \Sigma {p_i}^2 \quad (9)$$

Donde: D = índice de dominancia de Simpson , $p_i$ = proporción de individuos de la especie i , $\Sigma$ = sumatoria de todas las especies registradas.

Índice Compuesto de Conservación (ICC) se enfocó al estado de conservación del bosque secundario estudiado e integra de manera conjunta variables relacionadas con la estructura del bosque, la composición florística, la regeneración natural, el nivel de intervención antrópica y las características del paisaje. Para garantizar la comparabilidad entre los distintos componentes evaluados, cada variable fue normalizada en una escala comprendida entre 0 y 1, permitiendo su integración en un único índice y facilitando la comparación del estado de conservación entre las unidades de estudio (Torralba et al. 2016) (Ecuación 10).

$$ICC = \frac{Estructura + Biodiversidad + Regeneracion + Disturbios + Metricas\ del\ paisaje}{5} \quad (10)$$

*2.7. Análisis estadístico* El análisis estructural y de diversidad se realizó independientemente para cada parcela forestal. Para cada especie se determinó el área basal a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP), y el índice de valor de importancia estructural (IVI-E) se obtuvo a partir de la densidad relativa y la dominancia relativa, expresándose de forma normalizada en una escala de 0 a 100. Los valores de IVI-E se resumieron mediante media, desviación estándar, mediana y rango. Las diferencias entre parcelas se evaluaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, considerando un nivel de significación de $\alpha$ = 0,05 (Torres et al. 2024). La diversidad alfa se caracterizó mediante el número de individuos (N), riqueza de especies (S), índice de Shannon ($H'$), equidad de Pielou ($J'$), índice de Simpson (D) e inverso de Simpson (1/D). Debido a que estos índices generaron un único valor por parcela y no existieron réplicas independientes intraparcela, sus diferencias se interpretaron descriptivamente y no se sometieron a pruebas inferenciales. Adicionalmente, se estimó el Índice Compuesto de Conservación (ICC) mediante la integración de la estructura normalizada, la diversidad normalizada y la dominancia normalizada, expresadas en una escala de 0 a 1, donde los valores más próximos a 1 representaron una mayor condición relativa de conservación. El procesamiento de los datos y los análisis estadísticos se realizaron mediante R mediante funciones del paquete base stats y SPSS, versión 26 (Domínguez-Amaya et al. 2025).

# 3. Resultados y discusión

*3.1. Georreferenciación de la Finca Lucero.*

La georreferenciación de la Finca Lucero nos proporcionó una superficie total de 47 ha, ubicada en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, provincia de Pastaza (**Figura 2**), la misma permitió representar espacialmente los principales componentes forestales, agrícolas y pecuarios del sistema productivo. La delimitación cartográfica evidencia una estructura heterogénea del uso del suelo, caracterizada por la coexistencia de cobertura forestal, parcelas forestales, nuevas áreas de establecimiento arbóreo, policultivos, sistema semibosque,

cultivo de vainilla y unidades pecuarias según (Iñamagua-Uyaguari et al. 2023) esta configuración es consistente con la naturaleza multifuncional de los sistemas agroforestales, en los cuales la integración espacial de árboles, cultivos y actividades productivas constituye un elemento fundamental para la provisión simultánea de bienes agrícolas y servicios ecosistémicos.

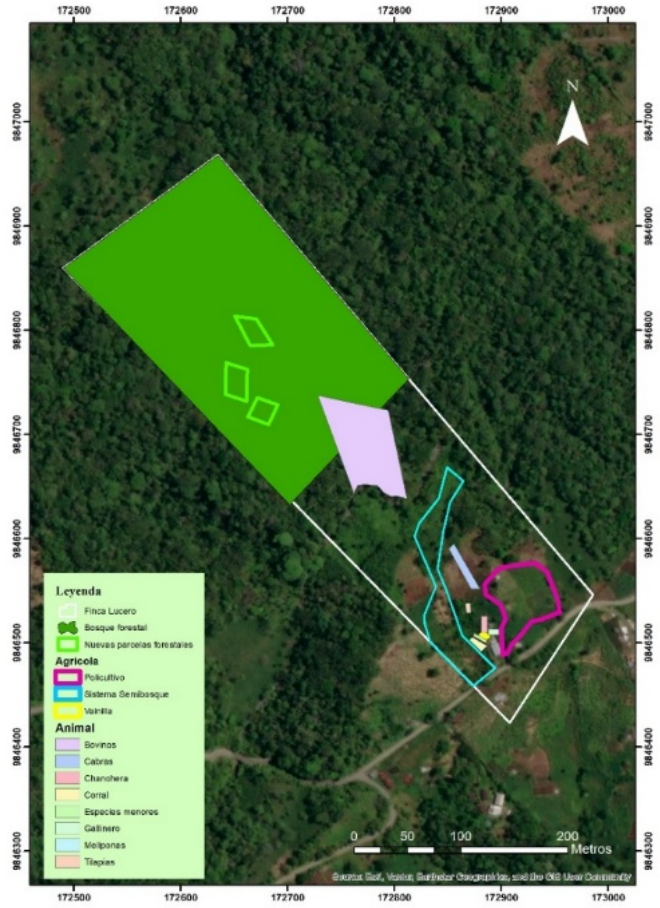


**Figura 2** | Georreferenciación y delimitación espacial del sistema Agroforestal Finca Lucero.

El análisis espacial muestra un predominio del componente forestal, mientras que las actividades agrícolas y pecuarias se concentran principalmente en áreas próximas a las zonas de infraestructura y acceso. Esta disposición evidencia una zonificación funcional del predio, en la que áreas con diferente intensidad de manejo configuran un mosaico productivo-conservacionista. La conservación de coberturas arbóreas asociadas con las áreas agrícolas puede favorecer la continuidad ecológica del paisaje, proporcionar hábitats complementarios y contribuir al mantenimiento de funciones ecosistémicas y de la calidad del suelo, aspectos particularmente relevantes en paisajes tropicales sometidos a procesos de intensificación agropecuaria (Suárez et al. 2024).

En los sistemas agroforestales de la Amazonía ecuatoriana, la configuración espacial de los componentes forestales y productivos adquiere especial relevancia debido a la coexistencia de remanentes de bosque, sistemas agroforestales tradicionales y áreas sometidas a diferentes intensidades de uso. En este contexto, la georreferenciación de la Finca Lucero permite reconocer la distribución y articulación espacial de sus componentes forestales, agrícolas y pecuarios, estableciendo una línea base para monitorear cambios en el uso del suelo y orientar prácticas dirigidas a conservar la cobertura arbórea, mantener la conectividad del paisaje y fortalecer funciones ecosistémicas asociadas con la biodiversidad. Esta perspectiva resulta particularmente pertinente para la Amazonía ecuatoriana, donde los sistemas Chakra y Aja mantienen árboles dentro de las áreas cultivadas y constituyen alternativas relevantes para compatibilizar producción, conservación y mitigación del cambio climático (Álava-Núñez et al. 2025).

Desde una perspectiva metodológica, la georreferenciación convierte la finca en una unidad de análisis espacialmente explícita, permitiendo cuantificar superficies, distribución y proximidad entre componentes productivos, así como relacionar posteriormente estas unidades con variables edáficas, topográficas y de cobertura vegetal. La integración de levantamientos de campo con sistemas de información geográfica y datos de teledetección proporciona herramientas robustas para identificar patrones de uso del suelo, evaluar cobertura arbórea y establecer áreas prioritarias para manejo, conservación o restauración en paisajes agropecuarios (Iñamagua-Uyaguari et al. 2023).

En consecuencia, la georreferenciación de la Finca Lucero constituye una línea base espacial para el monitoreo longitudinal del sistema agroforestal, al posibilitar la comparación temporal de cambios en la cobertura forestal, establecimiento y desarrollo de parcelas arbóreas, expansión o reducción de áreas agrícolas y pecuarias y, mediante futuras mediciones, variaciones en biomasa y almacenamiento de carbono. La integración periódica de información de campo, SIG y sensores remotos permitiría avanzar desde una caracterización descriptiva hacia un sistema cuantitativo de monitoreo de la sostenibilidad, resiliencia y multifuncionalidad de la finca (Chen et al. 2015).

### *3.2. Diagnóstico del sistema agrícola de la finca.*

La **Figura 3** presenta la distribución espacial del componente agrícola de la finca Lucero, diferenciando las áreas destinadas al sistema agroforestal y al policultivo, además de identificar la vainilla como componente productivo dentro de la zonificación. Las unidades agrícolas se concentran principalmente en el sector suroriental de la finca y muestran una configuración espacial diferenciada, con parcelas de geometría irregular adaptadas a las condiciones y disponibilidad del terreno. Esta representación permite reconocer la localización y organización de los sistemas productivos dentro de la unidad predial y constituye una base cartográfica para relacionar posteriormente cada área agrícola con las prácticas fitotécnicas, características edáficas, estado fitosanitario y desempeño productivo observados durante el diagnóstico.

La georreferenciación del sistema agrícola constituye una herramienta fundamental para el diagnóstico de la finca, porque transforma las parcelas en unidades de análisis espacialmente explícitas y permite integrar su ubicación con variables de suelo, cultivos y manejo. Su importancia es particularmente relevante en ambientes amazónicos, donde las propiedades edáficas pueden presentar una marcada variabilidad espacial incluso dentro de una misma unidad productiva (Santos et al. 2023) en un sistema agroforestal de la Amazonía oriental, demostraron mediante puntos geo-

rreferenciados y análisis geoestadístico que la fertilidad del suelo presenta dependencia espacial y que su cartografía permite orientar de manera localizada prácticas de fertilización, corrección de la acidez y manejo del suelo. En este contexto, la georreferenciación de las áreas agrícolas de la finca Lucero

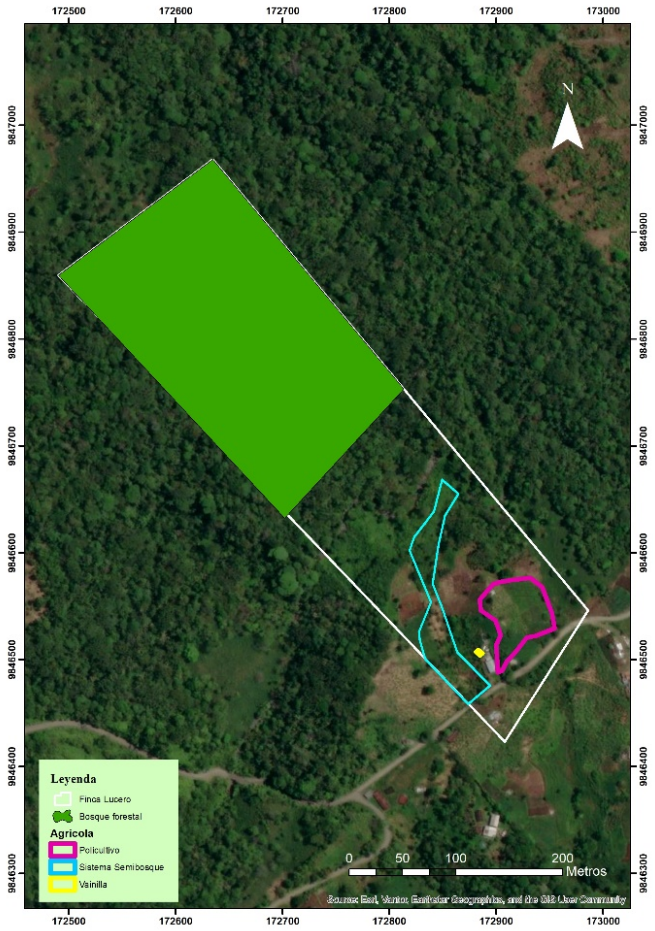


**Figura 3** | Georreferenciación del sistema agrícola finca Lucero.

proporciona una base objetiva para identificar zonas con diferentes necesidades de intervención, optimizar el muestreo, insumos y realizar el seguimiento temporal de los cultivos, fortaleciendo la planificación del manejo agrícola bajo las condiciones heterogéneas de la Amazonía.

*3.3. Diagnostico agroproductivo de la finca*

La **Tabla 1** presenta la composición, superficie y estado fenológico del componente agrícola identificado en la Finca Lucero. El área cultivada registrada alcanzó 26.250 $m^2$ (2,625 ha). Se registraron cacao (*Theobroma cacao* L.), papachina (*Colocasia esculenta* [L.] Schott), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), plátano (*Musa* × *paradisiaca L.*), guanábana (*Annona muricata* L.), café (*Coffea arabica*), dos entradas correspondientes al componente limón y vainilla (Vanilla planifolia). El cacao estuvo representado por los materiales CCN-51, Ramilla y Trinitario, con 5.000 $m^2$ cada uno; en conjunto ocupó 15.000 $m^2$, equivalentes al 57,14% del área cultivada. La papachina ocupó 2.500 $m^2$ (9,53%), mientras que cada uno de los restantes registros de 1.250 $m^2$ representó 4,76% del área. Las dos entradas de limón sumaron 2.50 $m^2$ (9,52%).

Al momento del diagnóstico se observaron diferencias entre cultivos y materiales vegetales en cuanto a su estado fenológico. En cacao, el material CCN-51 se encontraba en floración y cuajado de primeros frutos, Ramilla en fructificación y Trinitario en crecimiento vegetativo. La papachina se registró en formación y emisión inicial de hijuelos/cormelos; la caña de azúcar, en soca o rebrote; y el plátano, en desarrollo y crecimiento de hijuelos. La guanábana se encontraba en producción comercial y el café en producción inicial. Las dos entradas de limón y la vainilla fueron registradas en plena producción o senescencia productiva. En conjunto, los datos muestran que el componente agrícola de la finca estaba conformado por cultivos establecidos en diferentes fechas y que, durante la evaluación, se encontraban en fases fenológicas distintas.

El diagnóstico evidenció un predominio superficial del cacao, que ocupó 57,14% del área cultivada, mientras que el 42,86% restante correspondió a otros componentes agrícolas. Este resultado muestra una estructura productiva centrada en un cultivo comercial dominante, pero no exclusivamente dependiente de este. La importancia del cacao en la finca coincide con el papel estratégico descrito por (Vasco et al. 2024) para las Chakras amazónicas. En el estudio, realizado en 330 hogares vinculados con asociaciones productoras de cacao, este cultivo aportó aproximadamente 42% del ingreso agrícola y 19% del ingreso total familiar. No obstante, en la Finca Lucero no se evaluaron ingresos, costos ni rentabilidad; por tanto, la comparación se enfoca en la relevancia productiva del cacao en los sistemas amazónicos.

A pesar de la concentración superficial en cacao, la presencia simultánea de papachina, plátano, caña de azúcar, guanábana y café evidencia una estructura agrícola diversificada, característica relevante de los sistemas productivos amazónicos. En las Chakras Kichwa de la Amazonía ecuatoriana, cacao y café suelen coexistir con plátanos, yuca y otras especies destinadas tanto al mercado como al autoconsumo (Viejó-Bautista et al. 2025) encontraron que estos sistemas funcionan como unidades agrarias complejas donde cultivos comerciales y alimentarios se complementan; en el sistema estudiado en Rukullakta, el 32,1% de la producción se destinó al autoconsumo y la diversificación contribuyó a la seguridad alimentaria y capacidad adaptativa del sistema. En este sentido, la composición de la Finca Lucero se aproxima al patrón multifuncional descrito para las fincas amazónicas, aunque presenta una mayor concentración del área agrícola en un cultivo comercial dominante.

Otro resultado relevante fue la heterogeneidad temporal y fenológica del componente agrícola cultivado. Los tres materiales de cacao se encontraron en fases diferentes: CCN-51 en floración y cuajado de primeros frutos, Ramilla en fructificación y Trinitario en crecimiento vegetativo. Paralelamente, la guanábana se encontraba en producción comercial, el café en producción inicial, el plátano en desarrollo de hijuelos, la caña de azúcar en soca o rebrote y la papachina en formación de hijuelos y cormelos. Esta coexistencia de cultivos y materiales en diferentes etapas de desarrollo configura una estructura productiva temporalmente heterogénea que, potencialmente, puede distribuir la disponibilidad de productos durante el ciclo agrícola y reducir la dependencia de una única fase productiva (Tinoco-Jaramillo, Vargas-Tierras, Habibi, et al. 2024) en condiciones de la Amazonía ecuatoriana,

demostraron que la integración del cacao con especies acompañantes puede mejorar simultáneamente variables productivas y ambientales, incluyendo rendimiento, secuestro de carbono y aporte nutricional de los componentes asociados, lo que respalda la conveniencia de evaluar los cultivos como componentes interactuantes y no como unidades independientes.

Aunque el café representa solo 1.250 $m^2$ (5,0%) del área agrícola registrada en fase de producción inicial, su incorporación incrementa la diversidad funcional y comercial de la finca. Este resultado es consistente con la estructura de los sistemas agroforestales amazónicos, donde el café puede integrarse con especies arbóreas y otros cultivos perennes (Tinoco-Jaramillo, Vargas-Tierras, Habibi, et al. 2024) demostraron específicamente para *Coffea canephora* cultivado en sistemas agroforestales de la Amazonía ecuatoriana que la incorporación continua de residuos vegetales de las especies de sombra participa en el reciclaje de nutrientes y almacenamiento de carbono, resaltando el valor ambiental de integrar café con componentes arbóreos.

**Tabla 1 |** Diagnóstico productivo y fenológico de los cultivos agrícolas establecidos en el sistema agroforestal de la Finca Lucero, Pastaza, Ecuador.

| Cultivo | Nombre científico | Variedad/material vegetal | Fecha de establecimiento | Estado fenológico al diagnóstico | Área/cultivo ($m^2$) | Participación del área (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cacao | *Theobroma cacao L.* | CCN-51 | 2024-06-05 | Floración y cuajado de primeros frutos | 5.000 | 19,05 |
| Cacao | *Theobroma cacao L.* | Ramilla | 2023-07-12 | Fructificación | 5.000 | 19,05 |
| Cacao | *Theobroma cacao L.* | Trinitario | 2026-02-15 | Crecimiento vegetativo | 5.000 | 19,05 |
| Papachina | *Colocasia esculenta (L.) Schott* | Nativa | 2026-04-15 | Formación y emisión inicial de hijuelos/cormelos | 2.500 | 9,53 |
| Caña de azúcar | *Saccharum officinarum L.* | No especificada | 2021-01-10 | Soca o rebrote | 1.250 | 4,76 |
| Plátano | *Musa × paradisiaca L.* | No especificada | 2025-02-03 | Desarrollo y crecimiento de hijuelos | 1.250 | 4,76 |
| Guanábana | *Annona muricata L.* | No especificada | 2020-01-11 | Producción comercial | 1.250 | 4,76 |
| Café | *Coffea arabica.* | No especificada | 2023-03-05 | Producción inicial | 1.250 | 4,76 |
| Limón | *Citrus × limon (L.) Osbeck* | No especificada | 2018-07-20 | Plena producción o senescencia productiva | 1.250 | 4,76 |
| Limón mandarina | *Citrus × limon (L.) Osbeck* | No especificada | 2018-07-23 | Plena producción o senescencia productiva | 1.250 | 4,76 |
| Vainilla | *Vanilla planifolia Andrews* | No especificada | 2025-04-21 | Plena producción o senescencia productiva | 1.250 | 4,76 |
| **Total** | | | | | **26.250** | **100,00** |

Desde una perspectiva productiva, la combinación entre un cultivo comercial dominante y especies agrícolas complementarias representa una configuración pertinente para sistemas de pequeña producción amazónica. (Caicedo-Vargas et al. 2022) al evaluar 90 fincas cacaoteras agroforestales de la Amazonía ecuatoriana, encontraron que los sistemas analizados presentaban ventajas ambientales, pero identificaron la rentabilidad como una de las principales restricciones del cacao amazónico; además, señalaron que la comercialización de coproductos puede contribuir a mejorar el desempeño económico. Este antecedente resulta relevante para la finca Lucero: aunque el cacao concentra dos tercios del área agrícola, la presencia de café, guanábana, plátano, caña y papachina podría constituir una vía de diversificación productiva y económica que debería evaluarse mediante rendimientos, costos, autoconsumo y destino comercial de cada cultivo.

Finalmente, la composición agrícola observada en la Finca Lucero, puede situarse dentro de un contexto agroforestal más amplio como un sistema con predominio cacaotero y diversificación agrícola complementaria, cuya estructura productiva combina componentes comerciales y alimentarios en diferentes fases fenológicas (Torres et al. 2026) muestran que los sistemas productivos arbóreos tradicionales de la transición Andino-Amazónica ecuatoriana mantienen cantidades relevantes de carbono y diversidad arbórea fuera del bosque, reforzando el valor de conservar una matriz productiva diversificada. En consecuencia, el manejo futuro de Lucero debería orientarse a mantener la complementariedad entre cacao, cultivos alimentarios y componentes arbóreos, incorporando indicadores cuantitativos de rendimiento, sanidad, sombra, diversidad, biomasa y destino de la producción para evaluar integralmente su sostenibilidad agroforestal

### *3.4. Evaluación de cultivos agrícolas y manejo agroproductivo.*

La **Tabla 2** sintetiza el diagnóstico de las principales actividades fitotécnicas desarrolladas en los cultivos de cacao (*Theobroma cacao L.),* papachina (*Colocasia esculenta (L.) Schott)* y caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) establecidos en la finca Lucero. La selección de estos cultivos respondió a su mayor representatividad dentro de la unidad

productiva, considerando la superficie ocupada, su importancia para el consumo familiar y su potencial de comercialización. A partir de estos criterios se evaluaron las prácticas de manejo agrícola relacionadas con la limpieza y control de arvenses, fertilización, manejo fitosanitario y otras labores culturales.

**Tabla 2 |** Diagnóstico de las prácticas fitotécnicas y principales brechas de manejo de los cultivos agrícolas en la finca Lucero, Amazonía ecuatoriana.

| Cultivo | Manejo de arvenses/limpieza | Manejo nutricional registrado | Problema fitosanitario identificado | Manejo fitosanitario actual | Distancia de plantación |
|---|---|---|---|---|---|
| Cacao (*Theobroma cacao* L.) | Limpieza del cultivo: 1 jornada cada 5 meses. | No se registra fertilización orgánica ni mineral. | Moniliasis de las mazorcas. | Retiro y eliminación de frutos afectados para reducir la fuente de inóculo. | 3 × 4 m |
| Papachina (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) | Limpieza y control de arvenses: 1 jornada cada 2 meses. | Gallinaza o pollinaza: 2 kg planta$^{-1}$. No se registra fertilización mineral. | Daños por roedores. | Manejo principalmente mediante prácticas culturales; el registro no especifica completamente las medidas aplicadas. | 1,0 × 0,50 m |
| Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) | Limpieza cada 6 meses (2 intervenciones anuales). | Biol: 1 L diluido en 10 L de diluyente. No se registra fertilización mineral. | Barrenador del tallo y salivazo. | Eliminación de tallos afectados, manejo de residuos y control biológico; para salivazo no se especificó el método de control. | 4 × 4 m |

En cacao se registró una jornada de limpieza cada cinco meses y no se documentó fertilización orgánica ni mineral. La moniliasis de las mazorcas fue el problema fitosanitario identificado y el manejo registrado consistió en retirar y eliminar los frutos afectados. La distancia de plantación fue de 3 × 4 m.

En papachina, el control de arvenses se realizó cada dos meses y se registró la aplicación de gallinaza o pollinaza a razón de 2 kg planta$^{-1}$, sin fertilización mineral documentada. El daño por roedores constituyó el problema fitosanitario consignado; las medidas aplicadas fueron descritas de forma general como prácticas culturales. La distancia de plantación registrada fue de 1,0 × 0,50 m.

En caña de azúcar se registró limpieza cada seis meses, equivalente a dos intervenciones anuales. El manejo nutricional incluyó biol, con un registro de 1 L diluido en 10 L de diluyente, sin fertilización mineral documentada. Se identificaron barrenador del tallo y salivazo; para el barrenador se consignó la eliminación de tallos afectados, manejo de residuos y control biológico, mientras que para salivazo no se especificó el método de control. La distancia de plantación fue de 4 × 4 m.

Comparativamente, la papachina presentó la mayor frecuencia registrada de control de arvenses y fue el único cultivo con una dosis explícita de fertilización orgánica por planta; la caña de azúcar fue el único cultivo con aplicación de biol; y en cacao no se registró ninguna práctica de fertilización. Estas diferencias describen la heterogeneidad del manejo entre los tres cultivos evaluados, sin establecer por sí mismas la suficiencia agronómica de las prácticas.

El patrón registrado en la finca Lucero se caracteriza por un predominio de prácticas culturales y uso de insumos orgánicos, acompañado por ausencia de fertilización mineral documentada en los tres cultivos evaluados. Este comportamiento es comparable con sistemas amazónicos de bajos insumos descritos por (Jiménez et al. 2024) quienes señalan la relevancia del conocimiento local sobre la fertilidad, aunque algunas prácticas tradicionales pueden simultáneamente conservar o degradar el suelo, pero también la necesidad de complementarlo con mediciones científicas. Además concuerda con (Viejó-Bautista et al. 2025) reportaron en chacras amazónicas ecuatorianas un uso reducido de fertilizantes y pesticidas. Sin embargo, la similitud con estos sistemas no permite concluir que la nutrición de los cultivos de Lucero sea suficiente o deficiente, porque el diagnóstico no incorporó análisis de suelo, tejido vegetal, balances de nutrientes ni mediciones de rendimiento.

En cacao, la ausencia de un programa nutricional registrado, la baja intensidad del manejo fitotécnico y la presencia de moniliasis constituyen los principales elementos que diferencian su manejo respecto de los otros cultivos evaluados (Tigrero-Zapata et al. 2022) describen para suelos amazónicos condiciones de acidez y desequilibrios de Ca, Mg y K que pueden limitar el desempeño de los cultivos; no obstante, esas condiciones no pueden atribuirse directamente a la finca Lucero sin evidencia edáfica propia. Asimismo (Viejó-Bautista et al. 2025) informaron limitaciones productivas del cacao en sistemas amazónicos de bajo uso de insumos, asociado a limitaciones productivas.

La eliminación de mazorcas afectadas constituye una práctica sanitaria registrada en la finca Lucero. Su importancia puede contextualizarse con lo señalado por (Espinoza-Lozano et al. 2022) quienes destacaron la relevancia de *Moniliophthora roreri* en la Amazonía ecuatoriana y su impacto negativo sobre la producción y el rendimiento del cacao. En la finca estudiada, el manejo fitosanitario registrado se basa principalmente en la remoción de frutos afectados como medida de saneamiento; sin embargo, no se dispone de registros cuantitativos de incidencia, severidad ni seguimiento fitosanitario sistemático, lo que limita la valoración objetiva de la magnitud de la enfermedad y de la efectividad de las prácticas de control implementadas.

La papachina presentó una frecuencia de control de arvenses mayor que cacao y caña, además de una aplicación orgánica explícita de 2 kg planta$^{-1}$ de gallinaza o pollinaza. (Valdés Sáenz et al. 2024) señalan que el comportamiento agronómico de *Colocasia esculenta* depende, entre otros factores,

del control de arvenses, la fertilización, la regulación hídrica, la densidad de plantación y la vigilancia de plagas y enfermedades. El manejo registrado en Lucero coincide parcialmente con esos componentes; sin embargo, la dosis orgánica no puede calificarse como adecuada u óptima porque no se documentaron la composición del material, su grado de compostaje, la frecuencia de aplicación, la fertilidad del suelo ni la respuesta productiva del cultivo.

La distancia de 1,0 × 0,50 m equivale, bajo un arreglo regular, a una densidad teórica aproximada de 20 000 plantas $ha^{-1}$. (Wambui Njuguna et al. 2023) evaluaron ese mismo espaciamiento en taro y reportaron una elevada masa individual del cormo frente a otras densidades estudiadas. Esta coincidencia aporta una referencia agronómica para interpretar el arreglo espacial observado, pero no demuestra que sea el espaciamiento óptimo para Lucero, debido a las diferencias de ambiente, material vegetal y manejo, y a que en la finca no se realizó un ensayo comparativo de densidades ni se cuantificó el rendimiento.

En caña de azúcar se registraron el uso de biol y prácticas culturales y biológicas frente al barrenador, mientras que el método de control para salivazo no quedó especificado. (Leiva-Zuñiga et al. 2026) documentaron para Pastaza humedades relativas de 85,00% a 89,36% y precipitaciones mensuales de hasta 508,70 mm, condiciones que evidencian la importancia de considerar la dinámica hídrica en el manejo del cultivo. No obstante, el diagnóstico de Lucero no incluyó variables de drenaje, humedad del suelo o respuesta fisiológica, por lo que no es posible atribuir a las condiciones climáticas un efecto específico sobre la caña evaluada.

El marco de plantación de 4 × 4 m registrado para la caña de azúcar en la finca Lucero es considerablemente más amplio que los espaciamientos evaluados en los estudios citados. (Vieira Pimentel et al. 2026) analizaron arreglos comprendidos entre 0,9 y 1,5 m, mientras que (Ellsworth et al. 2022) evaluaron separaciones de hasta 2,4 m. Aunque esta diferencia evidencia que el arreglo establecido en Lucero se encuentra fuera de los rangos experimentales referidos, no resulta adecuado clasificarlo de manera directa como técnicamente ineficiente, dado que el diagnóstico identificó que dicho espaciamiento responde a un arreglo agroforestal, con establecimiento en cepas aisladas y objetivos productivos distintos de la maximización del rendimiento por unidad de superficie, además de estar condicionado por las características y restricciones propias de la finca. En este contexto, la pertinencia del marco de plantación debe interpretarse en función de la configuración integral del sistema agroforestal; no obstante, la ausencia de mediciones de productividad por unidad de superficie limita una valoración objetiva de su eficiencia agronómica.

De manera transversal, la ausencia de fertilización mineral no constituye por sí sola una deficiencia del sistema. La limitación analítica radica en que no existe evidencia suficiente para determinar si los aportes del suelo, residuos vegetales, gallinaza, pollinaza o biol cubren las demandas nutricionales de cada cultivo (Caicedo-Vargas et al. 2022) reportaron ventajas ambientales asociadas al manejo orgánico en sistemas agroforestales de cacao de la Amazonía ecuatoriana, lo cual respalda la pertinencia de evaluar la eficiencia del manejo nutricional más allá de la cantidad de insumos sintéticos utilizados. En Lucero, esa evaluación requeriría relacionar los aportes nutricionales con propiedades del suelo, necesidades del cultivo y respuesta productiva.

En conjunto, el diagnóstico muestra tres perfiles de manejo diferenciados: cacao con ausencia de fertilización registrada y presencia de moniliasis; papachina con mayor frecuencia de limpieza y fertilización orgánica cuantificada; y caña de azúcar con uso de biol, presencia simultánea de barrenador y salivazo y un espaciamiento amplio respecto de los rangos descritos en los estudios comparativos. Estos hallazgos son compatibles con la heterogeneidad de manejo señalada para sistemas amazónicos por (Tinoco-Jaramillo, Vargas-Tierras, Habibi, et al. 2024) y (Viejó-Bautista et al. 2025) pero no permiten afirmar, con los datos disponibles, que el sistema sea más resiliente, productivo o sostenible. Las principales brechas de información son la ausencia de análisis edáfico y foliar, registros de rendimiento, cuantificación de incidencia y severidad de problemas fitosanitarios y evaluación de la respuesta de los cultivos a las prácticas de manejo.

### *3.5. Estrategia de mejoramiento agrícola para la Finca Lucero.*

#### *3.5.1. Diagnóstico del suelo y manejo nutricional.*

La primera intervención debe consistir en realizar análisis físico-químicos del suelo por unidades productivas y, a partir de sus resultados, establecer programas de fertilización diferenciados para cacao, papachina y caña de azúcar, combinando fuentes orgánicas estabilizadas, reciclaje de residuos vegetales y fertilización mineral únicamente cuando los requerimientos del cultivo lo justifiquen. Esta medida permitiría superar la aplicación empírica de fertilizantes y mejorar la eficiencia de uso de nutrientes; particularmente en papachina, la evidencia demuestra que el balance nutricional y el mantenimiento del carbono orgánico son determinantes para reducir brechas de rendimiento (Antille et al. 2023).

#### *3.5.2. Intensificación agroecológica del manejo de arvenses y suelo.*

Se recomienda sustituir el control basado principalmente en limpiezas espaciadas o aplicaciones aisladas de herbicidas por un manejo integrado que combine control manual o mecánico dirigido, cobertura vegetal o residuos de cosecha, conservación de cobertura entre hileras y aplicación selectiva de herbicidas solo cuando resulte técnicamente necesaria. En papachina, el uso de acolchado orgánico puede contribuir simultáneamente al control de arvenses, conservación de humedad, reciclaje de nutrientes y productividad; experimentalmente, el mulching incrementó el rendimiento de *Colocasia esculenta* y mejoró C orgánico, N, P y K del suelo (Zhu et al. 2022).

#### *3.5.3. Manejo integrado de problemas fitosanitarios.*

El esquema actual debe evolucionar de un manejo predominantemente reactivo hacia vigilancia periódica, registro de incidencia y severidad y aplicación de controles culturales, biológicos y, cuando sea indispensable, químicos. En cacao, la remoción frecuente de frutos enfermos debe complementarse con poda sanitaria, regulación de sombra, ventilación

y nutrición equilibrada para reducir la moniliasis; ensayos de larga duración muestran que la eliminación oportuna de frutos enfermos, la poda regular y el manejo nutricional contribuyen a mantener baja la incidencia de enfermedades (Orozco-Aguilar et al. 2024). En caña, el barrenador y el salivazo requieren monitoreo y manejo integrado basado en medidas culturales y biológicas antes de

*3.5.4. Optimización del componente agroforestal y productivo.*

En cacao debe mantenerse y regularse el componente arbóreo mediante podas y manejo de sombra, aprovechando la biomasa como fuente de materia orgánica, mientras que las distancias de siembra de los diferentes cultivos deberían evaluarse conjuntamente con cobertura, luminosidad, productividad y competencia, evitando modificarlas únicamente por criterios teóricos. En la Amazonía ecuatoriana, los sistemas agroforestales de cacao mostraron mayor rendimiento que el monocultivo y beneficios adicionales asociados con reciclaje de nutrientes y carbono, lo que respalda mantener la diversificación productiva de la finca bajo manejo técnicamente regulado (Tinoco-Jaramillo, Vargas-Tierras, Paredes-Arcos, et al. 2024).

*3.5.5. Monitoreo y manejo adaptativo.*

La estrategia deberá complementarse con un sistema sencillo de registro y seguimiento por cultivo que incluya rendimiento, incidencia y severidad de los principales problemas fitosanitarios, frecuencia de las intervenciones de manejo, insumos utilizados y costos asociados. Para el componente agroforestal del cacao se recomienda incorporar, además, el seguimiento de la cobertura de sombra, debido a su relación con el desempeño productivo del cultivo en sistemas agroforestales amazónicos (Tinoco-Jaramillo, Vargas-Tierras, Habibi, et al. 2024). Los resultados periódicos de los análisis de suelo deberán emplearse para ajustar el manejo nutricional. La evaluación conjunta de estos indicadores permitirá valorar la respuesta de cacao, papachina y caña de azúcar a través del tiempo y reajustar las prácticas según su desempeño, bajo un proceso de monitoreo, aprendizaje y adaptación continua a escala de finca (Prost et al. 2023).

*3.6 Estudio de diversidad para bosque secundario Fina Lucero.*

*3.6.1. Georreferenciación y levantamiento de parcelad en bosques secundarios.*

La **Figura 4** muestra la distribución espacial de tres parcelas de muestreo de 400 $m^2$ establecidas en el bosque secundario de la Finca Lucero, que en conjunto abarcaron una superficie de 1.200 $m^2$. En las tres unidades se registraron 35 individuos arbóreos, distribuidos de manera diferencial entre las parcelas: 18 individuos en la Parcela 1, 12 en la Parcela 2 y cinco en la Parcela 3. La georreferenciación permitió establecer la ubicación espacial de cada unidad de muestreo y vincular los registros florísticos y dendrométricos con su posición dentro de la cobertura forestal.

**Figura 4** | Distribución de parcela en bosque secundario finca Lucero.

En la Parcela 1, *Brosimum rubescens* Taub. presentó la mayor abundancia, con ocho individuos, equivalentes al 44,4% del total registrado en esta unidad de muestreo. Le siguieron *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. y *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.Don, con tres individuos cada una (16,7%, respectivamente). En conjunto, estas tres especies representaron el 77,8% de los individuos registrados en la parcela.

La Parcela 2 registró 12 individuos arbóreos. *Iriartea deltoidea* presentó la mayor abundancia, con cinco individuos (41,7%), seguida de *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav.) Steud., con tres individuos (25,0%). Ambas especies concentraron conjuntamente el 66,7% de los individuos registrados en esta parcela.

La Parcela 3 presentó el menor número de individuos arbóreos, con cinco registros correspondientes a cuatro taxones. *Iriartea deltoidea* estuvo representada por dos individuos (40,0%), mientras que *Cedrela odorata L., Terminalia oblonga* y *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. registraron un individuo cada una, equivalentes al 20,0% del total de esta unidad de muestreo.

Al considerar conjuntamente las tres parcelas, *Iriartea deltoidea* fue la especie con mayor abundancia, con 10 individuos, equivalentes al 28,6% del total registrado. Le siguieron *Brosimum rubescens*, con ocho individuos (22,9%); *Terminalia oblonga*, con cuatro (11,4%); y *Jacaranda copaia,* con tres (8,6%). En conjunto, estas cuatro especies representaron el 71,4% de los 35 individuos registrados. Asimismo, I. deltoidea estuvo presente en las tres unidades de muestreo.

La mayor representación de *Brosimum rubescens* en la Parcela 1 es consistente con la importancia florística y estructural documentada para Moraceae en bosques ecuatorianos. (García-Cox et al. 2023) señalaron que esta familia constituye un componente relevante de los bosques siempreverdes andino-amazónicos y participa de manera importante en su estructura y almacenamiento de biomasa. En este contexto, la elevada abundancia local de *B. rubescens* registrada en la Parcela 1 evidencia su contribución al componente arbóreo de esta unidad de muestreo, aunque su representación no fue homogénea entre las tres parcelas.

Por su parte, *Iriartea deltoidea* presentó la mayor abundancia en la Parcela 2, representó el 41,7% de los individuos de la Parcela 3 y fue la única de las especies más abundantes registrada en las tres unidades de muestreo. Este patrón coincide con lo informado por (Maza et al. 2022) quienes, en un gradiente de bosques siempreverdes andino-amazónicos ecuatorianos, identificaron a esta palma entre las especies más abundantes del bosque amazónico de tierras bajas y entre aquellas con una contribución relevante a la biomasa aérea. La recurrencia de I. deltoidea en las tres parcelas de Lucero respalda, por tanto, su importancia florística dentro del área evaluada.

Las diferencias observadas en el número de individuos y en la composición de especies entre las parcelas indican heterogeneidad espacial del componente arbóreo dentro del área muestreada. La Parcela 1 concentró 18 individuos, mientras que la Parcela 3 presentó únicamente cinco, y las especies de mayor abundancia también variaron entre las unidades. (Rodríguez-León et al. 2025) señalan que la heterogeneidad de los bosques secundarios amazónicos puede relacionarse con diferencias en la historia de perturbación, el estado sucesional y las condiciones ambientales locales. No obstante, debido al carácter descriptivo del presente estudio, estos factores deben considerarse como posibles explicaciones del patrón observado y no como relaciones causales demostradas para la Finca Lucero.

La georreferenciación de las unidades de muestreo complementa la caracterización florística al proporcionar una referencia espacial definida para cada parcela. Esta información favorece la repetición de futuros inventarios en los mismos sitios y la evaluación temporal de cambios en abundancia, estructura y regeneración. Asimismo, posibilita la posterior integración de los datos obtenidos en campo con información procedente de la georreferenciación. (Carpenter et al. 2023) reportaron que una localización

precisa de las parcelas mejora la correspondencia entre los inventarios forestales terrestres y la georreferenciación de información derivada de sensores remotos, mientras que (Fassnacht et al. 2024) destacan la importancia de la integración espacial entre parcelas de campo y teledetección para fortalecer los inventarios y programas de monitoreo forestal.

*3.6.2. Índice de valor de importancia (IVI).*

La **Tabla 3** presenta el índice de valor de importancia estructural (IVI-E) de las especies arbóreas registradas en las tres parcelas del bosque secundario de la Finca Lucero. La riqueza arbórea fue de siete especies en la Parcela 1, seis en la Parcela 2 y cuatro en la Parcela 3. Los valores medios de IVI-E fueron 14,29 ± 17,91, 16,67 ± 11,54 y 25,00 ± 16,57, respectivamente; estas medias están condicionadas por el número de especies de cada parcela, debido a la normalización del índice.

**Tabla 3 |** Comportamiento del índice de valor importancia estructural de las especies arbóreas en las parcelas de la Finca Lucero.

| Parcela | n (especies) | Media IVI ± DE | Median a | Rango | Grupo estadístico | Especie dominante (IVI máx.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Parcela 1** | 7 | 14.29 ± 17.91 | 4.24 | 3,12–52.44 | a | *Brosimum rubescens.* (52.44) |
| **Parcela 2** | 6 | 16.67.00 ± 11.54 | 15.32 | 4.80–29.63 | a | *Cecropia obtusifolia* (29.63) |
| **Parcela 3** | 4 | 25.00 ± 16.57 | 21,54 | 10.60–46.33 | a | *Terminalia oblonga* (46.33) |

Kruskal–Wallis:
H = 2,73; gl = 2; p = 0,255
Letras iguales indican no diferencias estadísticas significativas (α = 0,05).

En la Parcela 1, *Brosimum rubescens* presentó el mayor IVI-E (52,44), seguido de *Jacaranda copaia* (18,11) *e Iriartea deltoidea* (14,93). El elevado valor de *B. rubescens* estuvo asociado con una abundancia relativa de 44,4% y una contribución aproximada de 60,4% a la dominancia basal.

En la Parcela 2, *Iriartea deltoidea* fue la especie más abundante, con cinco individuos (41,7%); sin embargo, *Cecropia obtusifolia* presentó el mayor IVI-E (29,63), seguida estrechamente por *I. deltoidea* (28,51) y *Terminalia oblonga* (22,68). La diferencia entre abundancia numérica e IVI-E estuvo determinada por la contribución relativa de las especies al área basal.

En la Parcela 3, *Terminalia oblonga* presentó el mayor IVI (46,33), asociado con una contribución del 72,7% al área basal de la parcela, seguida de *Iriartea deltoidea* (29,82). La Parcela 3 registró cuatro especies arbóreas y cinco individuos, constituyendo la unidad con menor riqueza y número de individuos del muestreo.

En el análisis exploratorio, la distribución del IVI no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las tres parcelas (Kruskal–Wallis: H = 2,73; gl = 2; p = 0,255). Sin embargo, la especie con mayor IVI varió entre las unidades de muestreo: *Brosimum rubescens* en la Parcela 1, *Cecropia obtusifolia* en la Parcela 2 y *Terminalia oblonga* en la Parcela 3.

El cambio en las especies con mayor IVI entre las parcelas

evidencia que la importancia estructural local no depende exclusivamente de la abundancia numérica, sino también del tamaño de los individuos y, por tanto, de su contribución al área basal. Este patrón resulta especialmente evidente en la Parcela 2, donde *Iriartea deltoidea* fue la especie más abundante, mientras que *Cecropia obtusifolia* alcanzó un IVI ligeramente superior debido a su mayor contribución estructural.

La integración de la abundancia y la dominancia permite identificar especies con una contribución estructural relevante, aun cuando no sean necesariamente las más abundantes. En este sentido (Coronel-Castro et al. 2026) emplearon el índice de valor de importancia para caracterizar la contribución estructural de las especies arbóreas y evidenciaron variaciones en las especies dominantes entre unidades ambientales. Por otra parte, la variación observada entre las parcelas de la Finca Lucero es compatible con la dinámica heterogénea descrita para bosques secundarios amazónicos; (Rodríguez-León et al. 2025) documentaron cambios en biomasa, diversidad y atributos estructurales a lo largo de una cronosecuencia sucesional en la Amazonía.

*3.6.3. Índices de diversidad*

La Tabla 4, muestra la diversidad arbórea de las tres La Tabla 4 presenta los índices de diversidad arbórea estimados para las tres parcelas del bosque secundario de la Finca Lucero. La Parcela 1 registró la mayor riqueza específica (S = 7) y el mayor valor del índice de Shannon ($H'$ = 0,695), con 18 individuos. Su diversidad máxima teórica fue Hmax = 0,845 y la equidad de Pielou alcanzó 0,822. El índice de dominancia de Simpson fue de 0,265 y su inverso 1/D = 3,767.

**Tabla 4 |** Índices de biodiversidad por parcelas en bosques secundario finca Lucero.

| Parcela | N individuos | S especies | Shannon H' (log10) | Hmax (log10 S) | J' (Pielou) | Simpson D | Simpson (1/D) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Parcela 1** | 18 | 7 | 0,695 | 0,845 | 0,822 | 0,265 | 3,767 |
| **Parcela 2** | 12 | 6 | 0,669 | 0,778 | 0,859 | 0,264 | 3,789 |
| **Parcela 3** | 5 | 4 | 0,579 | 0,602 | 0,961 | 0,280 | 3,571 |

La Parcela 2 presentó seis especies y 12 individuos, con $H'$ = 0,669, Hmax = 0,778 y $J'$ de 0,859. Esta unidad registró el menor valor de dominancia de Simpson (0,264) y el mayor valor de diversidad recíproca de Simpson (3,789) entre las parcelas evaluadas.

La Parcela 3 registró cinco individuos distribuidos entre cuatro especies y presentó el menor valor de Shannon (0,579). Sin embargo, mostró la mayor equidad de Pielou (0,961), con Hmax de 0,602. El índice de Simpson fue 0,280 y su inverso de 3,571.

En términos descriptivos, la Parcela 1 registró la mayor riqueza específica y el valor más alto del índice de Shannon, mientras que la Parcela 2 presentó la menor dominancia de Simpson y el mayor valor de su recíproco (1/D). Por su parte, la Parcela 3 alcanzó la mayor equidad de Pielou, a pesar de presentar la menor riqueza específica y el menor número de individuos.

Los índices evidencian que riqueza, diversidad, dominancia y equidad describen dimensiones complementarias de la organización de la comunidad arbórea. La Parcela 1 presentó la mayor riqueza y el mayor Shannon, pero también la menor equidad entre las tres unidades, lo que coincide con la elevada representación de *Brosimum rubescens*, que concentró ocho de los 18 individuos registrados. En contraste, la Parcela 3 presentó menor riqueza y diversidad de Shannon, pero mayor equidad, debido a que sus cinco individuos se distribuyeron de manera relativamente uniforme entre cuatro especies. Por tanto, una elevada equidad no debe interpretarse aisladamente como mayor diversidad, especialmente cuando la riqueza y el tamaño de muestra son reducidos.

La interpretación conjunta de Shannon, Simpson y Pielou permite distinguir diferencias entre riqueza, dominancia y uniformidad que no serían evidentes mediante un único índice. (Rodríguez-León et al. 2025) emplearon de manera complementaria los índices de Shannon, Simpson y Pielou, junto con análisis de rarefacción, para caracterizar riqueza, diversidad y uniformidad en un bosque secundario amazónico. Además, utilizaron parcelas permanentes de 20 × 20 m, equivalentes en superficie a las establecidas en la Finca Lucero.

En la Amazonía ecuatoriana, (Torres et al. 2024) también emplearon el índice de Shannon en múltiples parcelas para caracterizar variaciones en la diversidad arbórea, lo que respalda la utilidad de estas métricas para describir patrones florísticos a escala local. En el presente estudio, las diferencias descriptivas entre las tres parcelas sugieren una organización heterogénea de la diversidad arbórea: mayor riqueza y Shannon en la Parcela 1, menor dominancia de Simpson en la Parcela 2 y mayor equidad en la Parcela 3.

Esta variación es ecológicamente compatible con la dinámica de los bosques secundarios, donde los atributos de diversidad pueden modificarse a lo largo de la sucesión y generar mosaicos con diferente riqueza y estructura. (Álava-Núñez et al. 2025) documentaron en la Amazonía ecuatoriana incrementos de riqueza arbórea asociados con la edad de los bosques secundarios, evidenciando que las trayectorias sucesionales pueden modificar progresivamente la diversidad forestal. No obstante, en la Finca Lucero no se evaluó directamente la edad sucesional de cada parcela como factor explicativo; por ello, esta relación debe considerarse como una interpretación ecológica plausible y no como una relación causal demostrada.

*3.6.4. Índice de Compuesto de Conservación (ICC).*

La **Tabla 5** presenta los componentes y valores del Índice Compuesto de Conservación (ICC) estimados para las tres parcelas del bosque secundario de la Finca Lucero. El ICC alcanzó valores de 0,860 en P2, 0,852 en P1 y 0,580 en P3. Los valores de P1 y P2 fueron próximos entre sí, mientras

que P3 presentó el menor valor del índice.

P1 registró la mayor área basal (7,242 $m^2$) y, en consecuencia, el mayor valor del componente estructural normalizado (1,000). P2 presentó un área basal similar (7,130 $m^2$) y una estructura normalizada de 0,985. En contraste, P3 registró un área basal de 0,427 $m^2$ y un valor estructural normalizado de 0,059.

**Tabla 5 |** Indicadores estructurales y de diversidad para la estimación del Índice Compuesto de Conservación en las parcelas forestales de la Finca Lucero.

| Parcela | Área basal ($m^2$) | Estructura normalizada | Shannon H′ | Equidad de Pielou (J′) | IVI promedio | Dominancia normalizada | ICC Final |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **P1** | 7,242 | 1,000 | 0,695 | 0,822 | 28,57 | 0,735 | 0,852 |
| **P2** | 7,130 | 0,985 | 0,669 | 0,859 | 33,33 | 0,736 | 0,860 |
| **P3** | 0,427 | 0,059 | 0,579 | 0,961 | 50,00 | 0,720 | 0,580 |

La equidad de Pielou fue mayor en P3 (0,961), seguida de P2 (0,859) y P1 (0,822). Por su parte, el componente de dominancia normalizada mostró valores similares entre las tres unidades, con 0,735 en P1, 0,736 en P2 y 0,720 en P3. Así, el menor ICC registrado en P3 estuvo determinado principalmente por su reducido componente estructural, pese a presentar la mayor equidad entre las parcelas evaluadas.

El IVI promedio fue de 28,57 en P1, 33,33 en P2 y 50,00 en P3. No obstante, estos valores están condicionados por el número de especies registradas en cada parcela y, por tanto, no deben interpretarse de manera aislada como una medida de condición de conservación.

Los valores del ICC muestran que P1 y P2 presentaron una combinación relativamente similar de los componentes incorporados al índice, aunque mediante configuraciones diferentes. En P1, el valor del índice estuvo asociado principalmente con el mayor desarrollo estructural, expresado por su área basal y estructura normalizada, mientras que P2 combinó un componente estructural elevado con una mayor equidad. Estas diferencias muestran que valores próximos del índice compuesto pueden resultar de distintas combinaciones de atributos estructurales y florísticos.

(Huera-Lucero et al. 2024) documentaron igualmente variaciones en estructura, composición y diversidad entre diferentes coberturas y sistemas de manejo de la Amazonía ecuatoriana, mostrando que los atributos estructurales y florísticos no necesariamente presentan respuestas paralelas. En ese contexto, los resultados de P1 y P2 respaldan la conveniencia de interpretar conjuntamente los componentes del índice, en lugar de utilizar un único atributo como indicador de la condición del bosque.

P3 presentó una configuración diferente: aunque registró la mayor equidad de Pielou, su área basal representó solo una pequeña fracción de la observada en P1 y P2, lo que redujo sustancialmente el componente estructural y, consecuentemente, el valor final del ICC. Este resultado evidencia que una distribución relativamente uniforme de los individuos entre las especies presentes no implica necesariamente un desarrollo estructural equivalente. La divergencia entre atributos florísticos y estructurales ha sido descrita en bosques amazónicos en regeneración, donde ambos componentes pueden seguir trayectorias de recuperación diferentes (Garate-Quispe et al. 2024).

En conjunto, los resultados muestran variación local en la condición estructural-florística de las tres parcelas. P1 y P2 presentaron los mayores valores relativos del índice compuesto, asociados, respectivamente, con un mayor componente estructural y con una combinación más equilibrada entre estructura y equidad; P3 presentó un menor desarrollo estructural, aunque mantuvo una elevada equidad. Este patrón es compatible con la dinámica descrita para bosques secundarios amazónicos, en los cuales estructura, diversidad y composición pueden seguir trayectorias sucesionales diferenciadas y responder de manera distinta a la historia de uso y perturbación (Giles et al. 2024),(Rodríguez-León et al. 2025) y (Álava-Núñez et al. 2025).

*3.6..5. Estrategia integral de mejoramiento del bosque secundario de la Finca Lucero.*

Corto plazo (0–2 años). La intervención inicial deberá priorizar la protección de la cobertura forestal existente y de la regeneración natural mediante la conservación de árboles remanentes, plántulas y brinzales y la reducción de perturbaciones. El seguimiento deberá considerar área basal, riqueza específica, diversidad, equidad y composición florística, incorporando progresivamente reclutamiento y mortalidad como indicadores de dinámica forestal; el ICC podrá emplearse únicamente como indicador sintético complementario. Esta priorización es consistente con (Giles et al. 2024), quienes identificaron el área basal, la riqueza de especies y otros atributos estructurales como indicadores útiles para evaluar la trayectoria de regeneración de bosques amazónicos.

En esta etapa deberá favorecerse principalmente la regeneración de especies nativas ya presentes, entre ellas *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.Don *y Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav. La incorporación de especies adicionales deberá limitarse inicialmente a núcleos piloto localizados en claros o micrositios donde el seguimiento evidencie regeneración insuficiente. Para especies de interés no maderable, la experiencia desarrollada por (Ríos Guayasamín et al. 2024) en bosques secundarios de la Amazonía ecuatoriana demuestra la factibilidad experimental del enriquecimiento con *Ocotea quixos* y *Myroxylon balsamum*, aunque su establecimiento en Lucero deberá condicionarse a la aptitud del sitio y al

desempeño de los núcleos piloto.

Mediano plazo (3–5 años). En los sectores donde el monitoreo confirme limitaciones persistentes de regeneración o reducido desarrollo estructural, podrá implementarse regeneración natural asistida y, cuando resulte necesario, enriquecimiento selectivo con especies nativas de diferentes funciones ecológicas y productivas entre ellas, *Cedrelinga cateniformis, Myroxylon balsamum, Mespilodaphne quixos* y *Bactris gasipaes* podrán considerarse especies candidatas, condicionadas a su compatibilidad ecológica con el sitio. Este esquema concuerda con (Oluwajuwon et al. 2024), quienes consideran la regeneración natural asistida como un conjunto de intervenciones destinadas a remover o reducir las barreras que limitan los procesos naturales de sucesión y recuperación.

Largo plazo (>5 años). El manejo deberá adoptar un enfoque adaptativo, ampliando únicamente las especies e intervenciones que hayan demostrado supervivencia, crecimiento y compatibilidad con la dinámica natural del bosque. (Modolo et al. 2025) demostraron en un bosque secundario amazónico que el enriquecimiento con especies comerciales, combinado con tratamientos silvícolas apropiados, puede incrementar el crecimiento, la biomasa y la acumulación de carbono, aunque la respuesta depende de la especie y de la intensidad del tratamiento.

Así mismo, (Ehbrecht et al. 2026) mostraron en bosques secundarios de Ecuador que la complejidad estructural aumenta a lo largo de la sucesión y que una mayor diversidad arbórea constituye un importante impulsor de su recuperación. En consecuencia, el objetivo del manejo en Lucero no deberá ser maximizar la densidad de especies comerciales, sino favorecer una estructura multiespecífica y multiestratificada compatible con la regeneración natural y con la recuperación progresiva de la complejidad estructural.

La estrategia se formuló integrando los atributos estructurales y florísticos de las parcelas, área basal, riqueza, diversidad, equidad, composición e IVI, con el ICC como indicador complementario. Las intervenciones se priorizaron según las limitaciones identificadas en la regeneración y estructura del bosque, siguiendo un enfoque progresivo de conservación, regeneración natural y enriquecimiento selectivo, sustentado en (Giles et al. 2024) y (Oluwajuwon et al. 2024).

# 4. Conclusiones

La Finca Lucero abarcó aproximadamente 470.000 m$^2$, con 26.250 m$^2$ destinados al componente agrícola; el cacao ocupó 15.000 m$^2$, equivalente al 57,14% del área agrícola evaluada. El diagnóstico identificó como principales brechas de manejo la ausencia de un programa nutricional documentado, la limitada frecuencia de algunas labores culturales y problemas fitosanitarios, especialmente moniliasis en cacao.

En 0,12 ha de bosque secundario se registraron 35 individuos arbóreos. La riqueza específica disminuyó de siete especies en P1 a seis en P2 y cuatro en P3, con valores de Shannon de 0,695, 0,669 y 0,579, respectivamente. P3 presentó la mayor equidad de Pielou (0,961), mientras que el ICC fue mayor en P2 (0,860) y P1 (0,852) que en P3 (0,580), evidenciando diferencias relativas en los atributos estructurales y florísticos entre parcelas.

La integración de los indicadores estructurales y de diversidad mostró patrones diferenciados entre parcelas, confirmando que riqueza, equidad y desarrollo estructural deben interpretarse de manera complementaria. A partir de las brechas identificadas se formularon estrategias de manejo agrícola y forestal basadas en intensificación agroecológica, regeneración natural y asistida, enriquecimiento selectivo y monitoreo adaptativo; estas constituyen propuestas derivadas del diagnóstico y requieren implementación y seguimiento antes de atribuirles efectos sobre la productividad, resiliencia o condición ecológica.

El estudio se limitó a una sola finca y tres parcelas forestales, con una superficie total de 1.200 m$^2$, lo que restringe la representatividad espacial y la extrapolación de los resultados. Futuras investigaciones deberán ampliar el número de fincas y unidades de muestreo e incorporar seguimiento temporal para evaluar la dinámica del bosque y la respuesta a las estrategias propuestas.

**Contribuciones de los autores**

**Jhenifer Fabiola Paqui Poma:** Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

**Leandro Joffre Shiguango Andi:** Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

**Yoel Rodríguez Guerra:** Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.[0.5em]

**Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

# 5. Referencias

ÁLAVA-NÚÑEZ, Paulina, TORRES, Bolier, CASTRO, Miguel and ROBLES, Marco, 2025. AGB carbon stock analysis in the Indigenous agroforestry of the Ecuadorian Amazon: Chakra and Aja as Natural Climate Solutions. *Frontiers in Forests and Global Change*. Online. 15 April 2025. Vol.8. DOI: 10.3389/ffgc.2025.1513140. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2025.1513140/full

ALLEN, Summer L., ROBAYO, Lenin Alejandro, MARTIN, Carla D. and GANEM, José Lopez, 2024. Productivity, Soil Health, and Tree Diversity in Dynamic Cacao Agroforestry Systems in Ecuador. *Land*. Online. 29 June 2024. Vol.13, no.7, p.959. DOI: 10.3390/land13070959. Available from: https://www.mdpi.com/2073-445X/13/7/959

ANTILLE, Diogenes L., MACDONALD, Ben C. T., UELESE, Aleni, WEBB, Michael J., KELLY, Jennifer, TAUATI, Seuseu, STOCKMANN, Uta, PALMER, Jeda and BARRINGER, James R. F., 2023. Toward Soil Nutrient Security for Improved Agronomic Performance and Increased Resilience of Taro Production Systems in Samoa. *Soil Systems*. Online. 2 March 2023. Vol.7, no.1, p.21. DOI: 10.3390/soilsystems7010021. Available from: https://www.mdpi.com/2571-8789/7/1/21

ASIGBAASE, Michael, DAWOE, Evans, ABUGRE, Simon, KYEREH, Boateng and AYINE NSOR, Collins, 2023. Allometric relationships between stem diameter, height and crown area of associated trees of cocoa agroforests of Ghana. *Scientific Reports*. Online. 9 September 2023. Vol.13, no.1, p.14897. DOI: 10.1038/s41598-023-42219-6. Available from: https://www.nature.com/articles/s41598-023-42219-6

AYELE, Abebe, SEID, Ali, MEKONNEN, Amare Bitew, WASSIE, Wubetie Adnew, YEMATA, Getahun, YIHUNE, Endalamaw, MEKURIAW, Animut and SHIMELES, Lidiya, 2024. Woody species diversity, structure and regeneration status of the church forests in West Gojjam Zone, Northwestern Ethiopia. *Trees, Forests and People*. Online. June 2024. Vol.16, May, p.100570. DOI: 10.1016/j.tfp.2024.100570. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666719324000773

BAIER, Clara, GROSS, Arthur, THEVS, Niels and GLASER, Bruno, 2023. Effects of agroforestry on grain yield of maize (Zea mays L.)—A global meta-analysis. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Online. 17 May 2023. Vol.7.DOI: 10.3389/fsufs.2023.1167686. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2023.1167686/full

CAICEDO-VARGAS, Carlos, PÉREZ-NEIRA, David, ABAD-GONZÁLEZ, Julio and GALLAR, David, 2022. Assessment of the environmental impact and economic performance of cacao agroforestry systems in the Ecuadorian Amazon region: An LCA approach. *Science of The Total Environment*. Online. November 2022. Vol.849, no.June, p.157795. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157795. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896972204894X

CARPENTER, Joshua, RENTAUSKAS, Daniel, MAKKAR, Nikhil, JUNG, Jinha and FEI, Songlin, 2023. Improving Deciduous Forest Inventory Plot Center Measurement Using Unoccupied Aerial Systems Imagery. *Journal of Forestry*. Online. 15 May 2023. Vol.121, no.3, p.262–271. DOI: 10.1093/jofore/fvad008. Available from: https://academic.oup.com/jof/article/121/3/262/7128297

CHEN, Qi, LU, Dengsheng, KELLER, Michael, DOS-SANTOS, Maiza, BOLFE, Edson, FENG, Yunyun and WANG, Changwei, 2015. Modeling and Mapping Agroforestry Aboveground Biomass in the Brazilian Amazon Using Airborne Lidar Data. *Remote Sensing*. Online. 30 December 2015. Vol.8, no.1, p.21.DOI: 10.3390/rs8010021. Available from: https://www.mdpi.com/2072-4292/8/1/21

CORONEL-CASTRO, Elver, PARIENTE-MONDRAGÓN, Elí, RIVERA, Rosalynn Y., CHACÓN, Junior, DELGADO, Aldair, OLIVA-CRUZ, Manuel and HUAMÁN-PILCO, Angel Fernando, 2026. Biodiversity and structural analysis of forests at the altitudinal boundary between dry and montane forests: response of tree diversity to altitudinal variation in the northeastern Peruvian Andes. *Frontiers in Forests and Global Change*. Online. 19 February 2026. Vol.9, no. February. DOI: 10.3389/ffgc.2026.1765957. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2026.1765957/full

DOMÍNGUEZ-AMAYA, Norberto, BRAMBACH, Fabian, CORRAL-RIVAS, José Javier and EHBRECHT, Martin, 2025. Tree diversity patterns along an elevational gradient in Durango, Mexico. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Online. 2 June 2025. Vol. 13, no. June, p. 1–14. DOI: 10.3389/fevo.2025.1562841. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2025.1562841/full

EHBRECHT, Martin, LEHMANN, Tim, ESCOBAR, Sebastián, DONOSO, David A., ENDARA, María-José, GUEVARA-ANDINO, Juan Ernesto and BLÜTHGEN, Nico, 2026. Recovery of forest structural complexity during secondary succession in a human-modified neotropical landscape. *Journal of Ecology*. Online. 27 January 2026. Vol. 114, no. 1, p. 1–14. DOI: 10.1111/1365-2745.70241. Available from: https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2745.70241

ELLSWORTH, Patrick Z. and WHITE, Paul M., 2022. Row Spacing and the Use of Plant-Available Water in Sugarcane Cultivation in Water-Abundant Louisiana. *Agronomy*. Online. 30 June 2022. Vol. 12, no. 7, p. 1586. DOI: 10.3390/agronomy12071586. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4395/12/7/1586

ESPINOZA-LOZANO, Fernando, AMAYA-MÁRQUEZ, Darlyn, PINTO, C. Miguel, VILLAVICENCIO-VÁSQUEZ, Mirian, SOSA DEL CASTILLO, Daynet and PÉREZ-MARTÍNEZ, Simón, 2022. Multiple Introductions of Moniliophthora roreri from the Amazon to the Pacific Region in Ecuador and Shared High Azoxystrobin Sensitivity. *Agronomy*. Online. 6 May 2022. Vol. 12, no. 5, p. 1119. DOI: 10.3390/agronomy12051119. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4395/12/5/1119

FASSNACHT, Fabian Ewald, WHITE, Joanne C, WULDER, Michael A and NÆSSET, Erik, 2024. Remote sensing in forestry: current challenges, considerations and directions. ACHIM, Alexis (ed.), *Forestry: An International Journal of Forest Research*. Online. 8 January 2024. Vol. 97, no. 1, p. 11–37. DOI: 10.1093/forestry/cpad024. Available from: https://academic.oup.com/forestry/article/97/1/11/7159227

GAD PARROQUIAL RURAL DE TENIENTE HUGO ORTIZ, 2024. Plan de desarrollo y ordenamiento teritorial. . Online. 2024. Available from: https://gadtho.gob.ec/wp-content/uploads/2026/04/PDOT_TENIENTE_HUGO_ORTIZ_2023_2027.pdf

GARATE-QUISPE, Jorge, CANAHUIRE-ROBLES, Ramiro, ALARCÓN-AGUIRRE, Gabriel, DUEÑAS-LINARES, Hugo and ROMAN-DAÑOBEYTIA, Francisco, 2024. Changes in floristic and vegetation structure in a chronosequence of abandoned gold-mining lands in a tropical Amazon forest. *Heliyon*. Online. May 2024. Vol. 10, no. 9, p. e29908. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e29908. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844024059395

GARCÍA-COX, Walter, LÓPEZ-TOBAR, Rolando, HERRERA-FEIJOO, Robinson J., TAPIA, Aracely, HEREDIA-R, Marco, TOULKERIDIS, Theofilos and TORRES, Bolier, 2023. Floristic Composition, Structure, and Aboveground Biomass of the Moraceae Family in an Evergreen Andean Amazon Forest, Ecuador. *Forests*. Online. 10 July 2023. Vol. 14, no. 7, p. 1406. DOI: 10.3390/f14071406. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4907/14/7/1406

GILES, André L., SCHIETTI, Juliana, ROSENFIELD, Milena F., MESQUITA, Rita C., VIEIRA, Daniel Luis Mascia, VIEIRA, Ima C. G., POORTER, Lourens, BRANCALION, Pedro H. S., PEÑA-CLAROS, Marielos, SIQUEIRA, João, OLIVEIRA JUNIOR, Luis, DO ESPÍRITO-SANTO, Mário Marcos, SARMENTO, Priscila Sanjuan de Medeiros, FERREIRA, Joice N., BERENGUER, Erika, BARLOW, Jos, ELIAS, Fernando, CASSOL, Henrique Luis Godinho, SILVA, Richarlly C., RIBEIRO, Sabina Cerruto, MEDEIROS, Natália, JUNQUEIRA, André B., MASSOCA, Paulo, FERREIRA, Marciel Jose, GASTAUER, Markus, FERREIRA, Leandro V., DE ALMEIDA, Danilo Roberti Alves, ARAGÃO, Luiz E. O. C. and JAKOVAC, Catarina C., 2024. Simple ecological indicators benchmark regeneration success of Amazonian forests. *Communications Earth & Environment*. Online. 20 December 2024. Vol. 5, no. 1, p. 780. DOI: 10.1038/s43247-024-01949-9. Available from: https://www.nature.com/articles/s43247-024-01949-9

GUO, Hao, ZHOU, Xiaobing, TAO, Ye, YIN, Jinfei, ZHANG, Lan, GUO, Xing, LIU, Chaohong, LIN, Yajun and ZHANG, Yuanming, 2023. Precipitation preferences alter the relative importance of herbaceous plant diversity for multifunctionality in the drylands of China. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Online. 9 February 2023. Vol. 11, no. February, p. 1–11. DOI: 10.3389/fevo.2023.1084949. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2023.1084949/full

HUERA-LUCERO, Thony, LOPEZ-PIÑEIRO, Antonio, TORRES, Bolier and BRAVO-MEDINA, Carlos, 2024. Biodiversity and Carbon Sequestration in Chakra-Type Agroforestry Systems and Humid Tropical Forests of the Ecuadorian Amazon. *Forests*. Online. 19 March 2024. Vol. 15, no. 3, p. 557. DOI: 10.3390/f15030557. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4907/15/3/557

IÑAMAGUA-UYAGUARI, Juan Pablo, FITTON, Nuala and SMITH, Pete, 2023. Planting trees in livestock landscapes to protect soil and water also delivers carbon sequestration. *Agroforestry Systems*. Online. 24 August 2023. Vol. 97, no. 6, p. 1199–1214. DOI: 10.1007/s10457-023-00857-9. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s10457-023-00857-9

JIMENEZ GONZÁLEZ, Alfredo, CARVAJAL-NUNURA, Roberth, PONCE-MUÑIZ, Jahir and CABRERA-VERDESOTO, Alberto, 2024. Diagnóstico socioeconómico de sistemas agroforestales en el recinto San Francisco de la parroquia El Anegado. *Bosques Latitud Cero*. Online. 12 January 2024. Vol. 14, no. 1, p. 90–104. DOI: 10.54753/blc.v14i1.2037. Available from: https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/2037

JIMÉNEZ, Leticia, JIMÉNEZ, Wilmer, GONZÁLEZ, Lenin, QUICHIMBO, Pablo, FIERRO, Natacha and CAPA-MORA, Daniel, 2024. Rescuing local knowledge with regards to soil management and fertility in the Amazon Region of Ecuador. *Environmental Development*. Online. 1 June 2024. Vol. 50, p. 100984. DOI: 10.1016/j.envdev.2024.100984. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211464524000228 [Accessed 7 September 2026].

KITIKIDOU, Kyriaki, MILIOS, Elias, STAMPOULIDIS, Athanasios, PIPINIS, Elias and RADOGLOU, Kalliopi, 2024. Using Biodiversity Indices Effectively: Considerations for Forest Management. *Ecologies*. Online. 18 January 2024. Vol. 5, no. 1, p. 42–51. DOI: 10.3390/ecologies5010003. Available from: https://www.mdpi.com/2673-4133/5/1/3

LEIVA-ZUÑIGA, Brigitte, MAZA-VALLADOLID, Julia and VINOCUNGA-PILLAJO, Reni, 2026. Variabilidad meteorológica y su impacto en

las actividades agropecuarias de la Amazonía ecuatoriana en Pastaza (2011–2021). *La Granja*. Online. 27 February 2026. Vol. 43, no. 1, p. 100–116. DOI: 10.17163/lgr.n43.2026.05. Available from: https://lagranja.ups.edu.ec/granja/article/view/10480

LUCIO VILLACRESES, Luis Fernando;Plúas Ponce, Andrea Gabriela, [no date]. *Caracterización de los sistemas agroforestales en el recinto El 90, cantón Junín.*. Online. Tesis. Jipijapa: Universidad Estatal del sur de Manabí. Available from: http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/8832 [Accessed 14 September 2026].

MAZA, Byron, RODES-BLANCO, Marina and ROJAS, Edison, 2022. Aboveground Biomass Along an Elevation Gradient in an Evergreen Andean–Amazonian Forest in Ecuador. *Frontiers in Forests and Global Change*. Online. 6 April 2022. Vol. 5, no. April, p. 1–10. DOI: 10.3389/ffgc.2022.738585. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2022.738585/full

MEBRATE, Abiyot, KIPPIE, Tadesse and ZERAY, Nigussie, 2021. Determinant Factor of Plant Species Diversity in the Organic Agriculture-Dominated System of Gedeo Zone, Southern Ethiopia. CHEN, Xunfeng (ed.), *International Journal of Ecology*. Online. 29 October 2021. Vol. 2021, p. 1–12. DOI: 10.1155/2021/2919260. Available from: https://www.hindawi.com/journals/ijecol/2021/2919260/

MINARSCH, Eva-Maria L., THOSS, Vera Marlene and BEULE, Lukas, 2025. Guidance on spatial sampling designs and data reusability in agroforestry research. *Agroforestry Systems*. Online. 6 June 2025. Vol. 99, no. 5, p. 127. DOI: 10.1007/s10457-025-01225-5. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s10457-025-01225-5

MODOLO, Guilherme Silva, SILVA, Thalita Vitória Mamede, SANTOS, Victor Alexandre Hardt Ferreira dos, NEVES, André Henrique Bueno, CARVALHO, Alaíde de Oliveira, ASSIS-PEREIRA, Gabriel, TOMAZELLO-FILHO, Mario and FERREIRA, Marciel José, 2025. Enrichment planting to restore secondary forests in Central Amazon: A perspective on timber production and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*. Online. October 2025. Vol. 594, p. 122936. DOI: 10.1016/j.foreco.2025.122936. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037811272500444X

OLUWAJUWON, Tomiwa V., CHAZDON, Robin L., OTA, Liz, GREGORIO, Nestor and HERBOHN, John, 2024. Bibliometric and literature synthesis on assisted natural regeneration: an evidence base for forest and landscape restoration in the tropics. *Frontiers in Forests and Global Change*. Online. 10 July 2024. Vol. 7, no. July. DOI: 10.3389/ffgc.2024.1412075. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2024.1412075/full

OROZCO-AGUILAR, Luis, LOPEZ-SAMPSON, Arlene, CERDA, Rolando H., CASANOVES, Fernando, RAMIREZ-ARGUETA, Oscar, DIAZ MATUTE, Javier, SUÁREZ SALAZAR, Juan Carlos, RÜEGG, Johanna, SAJ, Stephane, MILZ, Joaquin, SCHNEIDEWIND, Ulf, MORA GARCES, Argenis, BAEZ DAZA, Eliana, ROJAS MOLINA, Jairo, JAIMES SUAREZ, Yeirme, AGUDELO-CASTAÑEDA, Genaro A., DEHEUVELS, Olivier, BRITO SOSA, Enelvi, GÓMEZ, Jaime Hinojosa, JAIMEZ, Ramon E., REYES ESPINOZA, Sophya, BORDEAUX, Melanie, CAICEDO VARGAS, Carlos, TINOCO, Leider, PEÑA MONSERRATE, Geover, PEREZ FLORES, Julian, AZPEITIA MORALES, Alfonso, AREVALO-HERNANDEZ, Cesar O., AREVALO GARDINI, Enrique, POCASANGRE, Luis E., ARAQUE, Osmary, KOUTOULEAS, Athina, SEGURA MAGAÑA, Eufemia, DOMINGUEZ, Omar, ARENAS, Paula, SOTOPINTO, Lorena, SALGADO-MORA, Marisela, GAMA-RODRIGUES, Antonio, GAMA-RODRIGUES, Emanuela, HOLDER, Annelle, RAMTAHAL, Gideon, UMAHARAN, Pathmanathan, MULLER, Manfred Willy, TEXEIRA MENDES, Fernando and SOMARRIBA, Eduardo, 2024. CacaoFIT: the network of cacao field trials in Latin America and its contribution to sustainable cacao farming in the region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Online. 12 July 2024. Vol. 8. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1370275. Available from: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2024.1370275/full

PROST, Lorène, MARTIN, Guillaume, BALLOT, Rémy, BENOIT, Marc, BERGEZ, Jacques-Eric, BOCKSTALLER, Christian, CERF, Marianne, DEYTIEUX, Violaine, HOSSARD, Laure, JEUFFROY, Marie-Hélène, LECLÈRE, Margot, LE BAIL, Marianne, LE GAL, Pierre-Yves, LOYCE, Chantal, MEROT, Anne, MEYNARD, Jean-Marc, MIGNOLET, Catherine, MUNIER-JOLAIN, Nicolas, NOVAK, Sandra, PARNAUDEAU, Virginie, POUX, Xavier, SABATIER, Rodolphe, SALEMBIER, Chloé, SCOPEL, Eric, SIMON, Sylvaine, TCHAMITCHIAN, Marc, TOFFOLINI, Quentin and VAN DER WERF, Hayo, 2023. Key research challenges to supporting farm transitions to agroecology in advanced economies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Online. 10 February 2023. Vol. 43, no. 1, p. 11. DOI: 10.1007/s13593-022-00855-8. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s13593-022-00855-8

RÍOS GUAYASAMÍN, Pedro Damián, SMITH, Sandy M. and THOMAS, Sean C., 2024. Biochar effects on NTFP-enriched secondary forest growth and soil properties in Amazonian Ecuador. *Journal of Environmental Management*. Online. January 2024. Vol. 350, p. 119068. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119068. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030147972301856X

RODRÍGUEZ-LEÓN, Carlos, STERLING, Armando, TRUJILLO-BRIÑEZ, Amelia, SUÁREZ-CÓRDOBA, Yerson and ROA-FUENTES, Lilia, 2025. Forest Attribute Dynamics in Secondary Forests: Insights for Advancing Ecological Restoration and Transformative Territorial Management in the Amazon. *Diversity*. Online. 6 January 2025. Vol. 17, no. 1, p. 39. DOI: 10.3390/d17010039. Available from: https://www.mdpi.com/1424-2818/17/1/39

SANTOS, Cassio Rafael Costa dos, MATSUNAGA, Augusto Takayuki, COSTA, Luiz Rodolfo Reis, SANTOS, Mario Lima dos, BRASIL NETO, Alberto Bentes, RODRIGUES, Richard Pinheiro, MACIEL, Maria de Nazaré Martins and MELO, Vânia Silva de, 2023. Spatial variability of soil fertility under agroforestry system and native forest in eastern Amazonia, Brazil. *Bioscience Journal*. Online. 3 February 2023. Vol. 39, p. e39015. DOI: 10.14393/BJ-v39n0a2023-62830. Available from: https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/62830

SHARMA, Rashmita, MINA, Usha and KUMAR, B. Mohan, 2022. Homegarden agroforestry systems in achievement of Sustainable Development Goals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Online. 23 June 2022. Vol. 42, no. 3, p. 44. DOI: 10.1007/s13593-022-00781-9. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s13593-022-00781-9

SUÁREZ, Juan Carlos, SEGURA, Milena and ANDRADE, Hernán J., 2024. Agroforestry systems affect soil organic carbon stocks and fractions in deforested landscapes of Amazonia. *Agroforestry Systems*. Online. 16 June 2024. Vol. 98, no. 5, p. 1139–1151. DOI: 10.1007/s10457-023-00949-6. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s10457-023-00949-6

TIGRERO-ZAPATA, Gabriela Jamilex, VÁSCONEZ-MONTÚFAR, Gregorio Humberto, FERRER-SÁNCHEZ, Yarelys, CEDEÑO-MOREIRA, Angel Virgilio, NIETO-CAÑARTE, Carlos Alberto and ABASOLO-PACHECO, Fernando, 2022. Identificación del potencial agrícola de suelos en la Amazonía Ecuatoriana, a partir de variables físico-químicas, microbiológicas y ambientales. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*. Online. 19 November 2022. Vol. 40, p. 1–16. DOI: 10.28940/terra.v40i0.1294. Available from: https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/1294

TINOCO-JARAMILLO, Leider, VARGAS-TIERRAS, Yadira, HABIBI, Nasratullah, CAICEDO, Carlos, CHANALUISA, Alexandra, PAREDES-ARCOS, Fernando, VIERA, William, ALMEIDA, Marcelo and VÁSQUEZ-CASTILLO, Wilson, 2024. Agroforestry Systems of Cocoa (Theobroma cacao L.) in the Ecuadorian Amazon. *Forests*. Online. 18 January 2024. Vol. 15, no. 1, p. 195. DOI: 10.3390/f15010195. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4907/15/1/195

TINOCO-JARAMILLO, Leider, VARGAS-TIERRAS, Yadira, PAREDES-ARCOS, Fernando, VIERA, William, SUÁREZ-TAPIA, Alfonso, VARGAS-TIERRAS, Tannia, SUÁREZ-CEDILLO, Sandra, MORALES-LEÓN, Vanessa and VÁSQUEZ-CASTILLO, Wilson, 2024. Nutrient Contribution and Carbon Sequestration of an Agroforestry System of Coffea canephora Cultivated by Conventional and Organic Management in the Ecuadorian Amazon. *Forests*. Online. 3 May 2024. Vol. 15, no. 5, p. 807. DOI: 10.3390/f15050807. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4907/15/5/807

TORRALBA, Mario, FAGERHOLM, Nora, BURGESS, Paul J., MORENO, Gerardo and PLIENINGER, Tobias, 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Online. August 2016. Vol. 230, p. 150–161. DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.002. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880916303097

TORRES, Bolier, HERRERA-FEIJOO, Robinson J., TORRES-NAVARRETE, Alexandra, BRAVO, Carlos and GARCÍA, Antón, 2024. Tree Diversity and Its Ecological Importance Value in Silvopastoral Systems: A Study along Elevational Gradients in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Land*. Online. 24 February 2024. Vol. 13, no. 3, p. 281. DOI: 10.3390/land13030281. Available from: https://www.mdpi.com/2073-445X/13/3/281

TORRES, Bolier, TIPÁN-TORRES, Cristhian, REYES, Héctor, TAPIA, Aracely, MUÑOZ-RENGIFO, Julio, HERRERA-FEIJOO, Robinson and GARCÍA, Antón, 2026. Biocultural Productive Landscapes in the Andean–Amazon: Carbon, Biodiversity, and Livelihoods in Market-Linked Traditional Systems. *Sustainability*. Online. 3 March 2026.

Vol. 18, no. 5, p. 2451. DOI: 10.3390/su18052451. Available from: https://www.mdpi.com/2071-1050/18/5/2451

VALDÉS SÁENZ, María Adela, DÍAZ VALDÉS, Katia, RODRÍGUEZ GUERRA, Yoel and HERNÁNDEZ RAMOS, Hiram, 2024. Sistemas agroforestales en la Región Amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Online. 27 March 2024. Vol. 8, no. 1, p. 8587–8613. DOI: 10.37811/cl_rcm.v8i1.10185. Available from: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/10185

VARGAS-TIERRAS, Yadira, DÍAZ, Alejandra, CAICEDO, Carlos, MACAS, Julio, SUÁREZ-TAPIA, Alfonso and VIERA, William, 2021. Benefits of Legume Species in an Agroforestry Production System of Yellow Pitahaya in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*. Online. 18 August 2021. Vol. 13, no. 16, p. 9261. DOI: 10.3390/su13169261. Available from: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/9261

VASCO, Cristian, TORRES, Bolier, TAFUR, Valdano, CAISAGUANO, Lourdes, LUNA, Marcelo and TORRES, Alexandra, 2024. Glass Half Full or Half Empty? The Contribution of Cacao in Traditional Agroforestry Systems to the Income of Indigenous Peoples in the Ecuadorian Amazon. *Small-scale Forestry*. Online. 7 June 2024. Vol. 23, no. 2, p. 191–210. DOI: 10.1007/s11842-024-09560-8. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s11842-024-09560-8

VIEIRA PIMENTEL, Guilherme, RODRIGUES DA SILVA, Luiz Daniel, LIMA GOULART, João Paulo, PEIXOTO, Maurílio Ricardo, DE CAMARGO FREITAS, Júlia and COSTA, Natalia, 2026. ROW SPACING AND ITS IMPACT ON SUGARCANE YIELD ACROSS THREE CONSECUTIVE HARVESTS. *REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL*. Online. 27 April 2026. Vol. 13, no. 1, p. 1–7. DOI: 10.32404/rean.v13i1.9954. Available from: https://periodicosonline.uems.br/agrineo/article/view/9954

VIEJÓ-BAUTISTA, María-José, HIGUCHI, Angie and COQ-HUELVA, Daniel, 2025. Food, monetary, energy, and socio-environmental features of a post-cacao agroforestry system in the Ecuadorian Amazonia: the case of Rukullakta. *Agroforestry Systems*. Online. 7 August 2025. Vol. 99, no. 6, p. 171. DOI: 10.1007/s10457-025-01243-3. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s10457-025-01243-3

WAMBUI NJUGUNA, Joyce, KARUMA, Anne N., GICHERU, Patrick and ONWONGA, Richard, 2023. Effects of Watering Regimes and Planting Density on Taro (Colocasia esculenta) Growth, Yield, and Yield Components in Embu, Kenya. ADDI, Mohamed (ed.), *International Journal of Agronomy*. Online. 1 April 2023. Vol. 2023, p. 1–9. DOI: 10.1155/2023/6843217. Available from: https://www.hindawi.com/journals/ija/2023/6843217/

WARD, Sheila E, BROKAW, Nicholas, WALLING, Stanley and CORTES-RINCON, Marisol, 2023. Tree species on environmental gradients in subtropical forest of northwest Belize, in the Maya Lowlands. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. Online. 21 April 2023. Vol. 47, no. 2, p. 249–269. DOI: 10.1177/03091333221143643. Available from: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03091333221143643

WEZEL, Alexander, HERREN, Barbara Gemmill, KERR, Rachel Bezner, BARRIOS, Edmundo, GONÇALVES, André Luiz Rodrigues and SINCLAIR, Fergus, 2020. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Online. 27 December 2020. Vol. 40, no. 6, p. 40. DOI: 10.1007/s13593-020-00646-z. Available from: https://link.springer.com/10.1007/s13593-020-00646-z

ZHU, Zihui, QIAN, Jiayu, ZHANG, Yongxian, ZHANG, Hao, DAI, Haibo, ZHANG, Zhiping, MIAO, Minmin and JIANG, Jiezeng, 2022. Taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) Yields and Soil Chemical Properties Were Improved by Row-Surface Straw Mulching. *Agronomy*. Online. 6 March 2022. Vol. 12, no. 3, p. 645. DOI: 10.3390/agronomy12030645. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/645