



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**Maestría en Agroecología y Desarrollo
Sostenible**

Trabajo de Tesis

**Caracterización agroecológica en sistemas
cafetaleros en el municipio de Las Sabanas,
Madriz**

Autor

Lic. Douglas Anastacio Marín Briones

Asesor

Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Maestro en Ciencias Agroecología y Desarrollo
Sostenible

Managua, Nicaragua

Agosto, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Maestro en Ciencias en Agroecología y Desarrollo Sostenible

Miembros del Comité Evaluador

M.Sc. Freddy Rivera Umanzor
Presidente

M.Sc. Jorge Antonio Gómez M
Secretario

M.Sc. Markelyn Rodríguez Zamora
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 15/agosto/2025

DEDICATORIA

Esta tesis es un tributo al trabajo conjunto de mi esposa, mi hija y mi hijo. El amor y apoyo que me han dispensado durante todo este caminar ha cimentado nuestra unión familiar. La capacidad de soportar mis ausencias, con paciencia y comprensión, a lo largo de esta travesía académica nos fortaleció, por lo que llegar aquí es un logro del espléndido equipo que conformamos.

AGRADECIMIENTO

En principio mi agradecimiento a Dios, por su guía y fortaleza brindada durante este caminar académico.

Y a todas las personas que de distintas formas me apoyaron en la elaboración de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Descripción general del municipio	5
3.2. Importancia de la caracterización de sistemas productivos	5
3.3. Afectaciones del cambio climático en la producción de café	6
3.4. Importancia de la agroecología en la producción de café	7
3.5. Indicador agroecológico	8
3.6. Metodología MESMI	8
3.7. Importancia de los estudios descriptivos	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1. Ubicación del estudio	10
4.2. Diseño metodológico	11
4.3. Fases del estudio	12
4.4. Aplicación de la metodología MESMI	12
4.5. Análisis de datos	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1. Aspectos sociales	18
5.2. Aspectos productivos	21
5.3. Aspectos ambientales	27
5.4. Macrobiota edáfica en los sistemas de producción de café	30
5.5. Aspectos económicos	35
5.6. Caracterización de puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de evaluación	37
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. LITERATURA CITADA	42
IX. ANEXOS	47

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Ubicación de los sistemas de producción de cafeto	10
2.	Atributos y criterios evaluados en Las Sabanas, 2023	14
3.	Matriz de atributos, criterios de evaluación e indicadores aplicados	14
4.	Escala estandarizada de medición de indicadores	15
5.	Determinación de fortalezas y debilidades identificadas en los sistemas de producción de café	27
6.	Uso de los árboles por familia, identificados en los sistemas de producción de cafeto, en Las Sabanas, Madriz	30
7.	Cantidad de individuos por familias encontradas en los sistemas de producción de café	33
8.	Valores de los indicadores evaluados en los sistemas de producción de cafeto	39

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	(a) Comportamiento de las precipitaciones, (b) Temperaturas y Humedad relativa en el municipio de las Sabanas en el año 2023.	11
2.	Organigrama de las actividades a realizarse en el estudio de los sistemas de producción en Las Sabanas, Madriz.	12
3.	Ciclo de desarrollo de la metodología MESMI (Fuente: Masera <i>et al.</i> , 2008).	16
4.	(a) Comportamiento del género y (b) ocupación de los productores de cafeto en tres comunidades de Las Sabanas.	18
5.	Nivel académico de los cafeticultores en tres comunidades del municipio de Las Sabanas.	19
6.	(a) Acceso a fuentes de energía y (b) agua potable en hogares de tres comunidades de Las Sabanas.	20
7.	(a) Principales cultivos encontrados en los sistemas de producción de cafeto (b) porcentaje de granos básicos establecidos.	21
8.	(a) Principales variedades de cafeto y (b) distribución en tres comunidades de Las Sabanas.	22
9.	(a) Distribución de las áreas de producción y (b) volumen de café, en tres comunidades de Las Sabanas.	23
10.	Tipo de fertilización y uso de plaguicidas empleados en el manejo de los sistemas de producción de cafeto.	24
11.	Prácticas de conservación de suelo empleadas.	25
12.	Prácticas de manejo de plagas y enfermedades empleadas por productores en tres comunidades de Las Sabanas.	26
13.	(a) Distribución de la diversidad arbórea por familia, (b) en tres comunidades de Las Sabanas.	28
14.	Uso de la diversidad arbórea en tres comunidades de Las Sabanas.	29

FIGURA		PÁGINA
15.	Cantidad de individuos de la macrobiota registrado en tres comunidades de Las Sabanas.	31
16.	Distribución de individuos de la macrofauna edáfica por orden en tres comunidades de Las Sabanas.	32
17.	Índice alfa en función de la diversidad en el género de la macrobiota muestreada en tres comunidades de Las Sabanas, Madríz.	34
18.	Asociación bidireccional de las familias de macrofauna y las propiedades químicas del suelo en los diferentes sistemas de producción de café en tres comunidades de Las Sabanas.	35
19.	Ingresos expresados en los diferentes sistemas de producción de café en tres comunidades de Las Sabanas.	36
20.	Precio de venta del café en tres diferentes presentaciones en tres comunidades de Las Sabanas.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Encuesta empleada en los sistemas de producción de cafeto.	47
2.	Vivero de especies forestales, que se emplean en los sistemas de producción de cafeto en Las Sabanas.	52
3.	Materiales e insumos empleado en la elaboración de fertilizantes orgánicos líquidos en sistemas de producción de cafeto en Las Sabanas.	53
4.	Problemas fitosanitarios en el cultivo del Café (<i>Coffea arabica</i> L), en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.	53
5.	Problemas fitosanitarios en el cultivo del frijol (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L), en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.	54
6.	Principales problemas encontrados en el Aguacate, en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.	54

RESUMEN

El estudio se efectuó en la reserva natural Tepec-Xomoth, La patasta en el municipio de Las Sabanas, Madriz. El objetivo fue Analizar las prácticas agroecológicas implementadas en sistemas de producción de (*Coffea arabica* L.), en tres comunidades del Municipio de Las Sabanas, el cual permite valorar la sostenibilidad a través de indicadores integrales que abarcan dimensiones productivas, sociales, económicas y ecológicas. La metodología empleada fue de tipo no experimental, con un enfoque descriptivo y participativo, desarrollada en 15 sistemas productivos distribuidos en tres comunidades. Los resultados evidenciaron que, si bien los sistemas cafetaleros presentan fortalezas como la diversidad arbórea, la cobertura vegetal permanente, la integración familiar en las labores agrícolas y la aplicación de prácticas agroecológicas, también enfrentan limitaciones importantes. Entre estas destacan la baja tecnificación, el limitado acceso a mercados, la escasa transformación del grano y la alta incidencia de plagas y enfermedades. Se evidencio que el 73.3 % de los productores implementan curvas a nivel y compostaje, mientras que el 80 % realiza manejo de plagas y el 73.3 % manejo de sombra. La diversidad arbórea fue alta, con predominancia de las familias Fabaceae y Mimosaceae, utilizadas para leña, madera y cercas. En términos de salud del suelo, la comunidad de Nueva Esperanza presentó la mayor abundancia de macrofauna (20,672 individuos/m²), destacando lombrices, escarabajos y hormigas como indicadores de un ecosistema funcional. Económicamente, las fincas con mayor diversificación y transformación del café (café oro) alcanzaron ingresos anuales superiores a los 20,000 USD. En conclusión, el enfoque agroecológico representa una vía viable para fortalecer la sostenibilidad de los sistemas cafetaleros, su consolidación requiere del acompañamiento institucional, acceso a tecnologías apropiadas y estrategias de comercialización que dignifiquen el trabajo de las familias productoras.

Palabras clave: Agroecología, Caficultura, Sostenibilidad, MESMI, Indicadore de sostenibilidad.

ABSTRACT

The study was conducted in the Tepec-Xomoth Nature Reserve, La Patasta, in the municipality of Las Sabanas, Madriz. The objective was to analyze the agroecological practices implemented in (*Coffea arabica* L.) production systems in three communities in the municipality of Las Sabanas. This allows for assessing sustainability through comprehensive indicators that encompass productive, social, economic, and ecological dimensions. The methodology used was non-experimental, with a descriptive and participatory approach, developed in 15 production systems distributed across three communities. The results showed that, while coffee systems present strengths such as tree diversity, permanent vegetation cover, family integration in agricultural work, and the application of agroecological practices, they also face significant limitations. These include low technological development, limited market access, poor grain processing, and a high incidence of pests and diseases. It was found that 73.3% of producers implement contour lines and composting, while 80% practice pest management and 73.3% shade management. Tree diversity was high, with a predominance of the Fabaceae and Mimosaceae families, used for firewood, timber, and fencing. In terms of soil health, the Nueva Esperanza community had the highest abundance of macrofauna (20,672 individuals/m²), with earthworms, beetles, and ants standing out as indicators of a functioning ecosystem. Economically, the farms with the greatest diversification and processing of coffee (green coffee) achieved annual incomes of over USD 20,000. In conclusion, the agroecological approach represents a viable way to strengthen the sustainability of coffee-growing systems; its consolidation requires institutional support, access to appropriate technologies, and marketing strategies that dignify the work of producing families.

Key words: Agroecology, Coffee Growing, Sustainability, MESMIS, Sustainability Indicators.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de Nicaragua han experimentado un deterioro significativo como consecuencia de las acciones antropogénicas motivadas por intereses económicos. A lo largo del tiempo, la explotación intensiva de los recursos naturales ha sido realizada sin considerar su carácter finito, lo que ha derivado en la degradación y, en numerosos casos, en la pérdida irreversible de hábitats de alto valor ecológico. En este contexto, se vuelve imperativo fortalecer las estrategias de conservación en las áreas protegidas, con la finalidad de preservar los recursos aún existentes. Entre estos, el suelo representa un componente esencial, dado que su manejo sostenible no solo contribuye a optimizar la productividad agrícola, sino que también garantiza la seguridad alimentaria en comunidades rurales en crecimiento, al tiempo que promueve la conservación de la biodiversidad (Morán-Centeno & Jiménez-Martínez, 2023, 2024).

De acuerdo con Nicholls et al. (2015), mencionan que muchas de las estrategias agroecológicas tradicionales que contribuyen a disminuir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática incluyen prácticas como la conservación de la diversidad genética local, la integración de animales, la incorporación de materia orgánica al suelo y la cosecha de agua. Comprender las características agroecológicas que sustentan la resiliencia de los agroecosistemas tradicionales es fundamental, ya que de ellas pueden derivarse principios clave para el diseño de sistemas agrícolas más adaptados al cambio climático.

De acuerdo con lo publicado por Ruelas-Monjardín et al. (2014) argumentan que el cafeto, como agroecosistema, desempeña un papel relevante en la regulación del agua. La sombra proporcionada por los árboles favorece la infiltración de la lluvia en el suelo y reduce la evaporación. Además, la cobertura natural con hojarasca disminuye la erosión hídrica, mejora el microclima, contribuye a la captura de carbono, mantiene la fertilidad del suelo y proporciona hábitat para la biodiversidad, animal presente en el sistema.

El cultivo de café representa uno de los productos agrícolas de mayor relevancia económica a nivel mundial. Esta actividad sostiene aproximadamente 20 millones de empleos directos e indirectos a nivel global. El café ocupa un lugar destacado en el mercado de bebidas y forma parte esencial en los hábitos alimenticios de millones de personas, siendo consumido como acompañante habitual en las actividades diarias (Canet et al., 2016). En el contexto nicaragüense, el cultivo de café desempeña un papel crucial en los medios de vida de numerosos hogares rurales, consolidándose como el principal producto de exportación del sector agrícola del país (Ministerio agropecuario [MAG], 2023).

Se estima que en Nicaragua existen aproximadamente 116,083 hectáreas cultivadas con café. Estas se concentran principalmente en los departamentos de Matagalpa y Jinotega, en conjunto producen el 73 % de la producción nacional. Otras regiones como Nueva Segovia, Madriz y Estelí con un 14.23 %, mientras que Boaco y Chontales contribuyen con 3.23 %. La región del Pacífico (Managua, Carazo, Masaya, Granada, Rivas y Chinandega) representa el 6.16 %, y las regiones autónomas del Atlántico Norte y Sur, suman un 3.69 % de la producción nacional (Siu-Palma et al., 2023; MAG, 2023).

El sector cafetalero enfrenta diversos desafíos que han motivado la implementación de iniciativas orientadas a garantizar su sostenibilidad. Sin embargo, para avanzar hacia una transformación efectiva del sector, es fundamental contar con información actualizada sobre las condiciones productivas y socioeconómicas de las fincas cafetaleras. Esta información permitirá identificar oportunidades y diseñar estrategias basadas en una teoría de cambio construida de manera participativa con los actores involucrados (Morán-Centeno & Jiménez-Martínez et al., 2023). En este contexto, el presente estudio tuvo como propósito analizar las prácticas agroecológicas implementadas en 15 sistemas de producción de café, en tres comunidades en el municipio de Las Sabanas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar las prácticas agroecológicas implementadas en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.), en tres comunidades del Municipio de Las Sabanas.

2.1. Objetivos específicos

Caracterizar el sistema productivo de café, identificando fortalezas y debilidades. en el Municipio de Las Sabanas

Emplear Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) para la valoración cuantitativa y cualitativa de los sistemas de producción de café, haciendo énfasis en su manejo.

Determinar la macrofauna edáfica los sistemas productivos de café, como un indicador de salud del suelo desde un enfoque agroecológico.

III. MARCO DE REFERENCIA

Los enfoques agroecológicos en los sistemas de café se centran en mejorar la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad, manteniendo o mejorando la productividad. Las investigaciones muestran que el manejo agroecológico, como la incorporación de árboles de sombra y diversas especies de plantas, aumenta la diversidad de organismos beneficiosos del suelo como los hongos micorrízicos arbusculares, lo que hace que estos sistemas sean más similares a los bosques naturales y apoya la salud del suelo y la resiliencia de los cultivos (Júnior et al., 2019; Ávila-Bello et al., 2023).

Los sistemas agroforestales poseen una cubierta arbórea seleccionada, apropiada para reducir la mortalidad de las plantas de café y aumentan los rendimientos, incluso en regiones desafiantes de baja altitud, lo que destaca la adaptabilidad y la productividad de las prácticas agroecológicas (Peña et al., 2024). La integración del conocimiento tradicional y científico permite el diseño de agroecosistemas complejos que conservan la agrobiodiversidad, secuestran carbono y brindan fuentes de ingresos adicionales, lo que puede ayudar a reducir la pobreza y mitigar el cambio climático (Ávila-Bello et al., 2023; Alcántara et al., 2024).

Los estudios enfatizan además que las prácticas agroecológicas mejoran la fertilidad del suelo, promueven la diversidad de especies y son percibidas positivamente por las comunidades locales, valoran la conservación del suelo y la fertilización orgánica (Larios-González et al., 2016; Alcántara et al., 2024). En general, la agroecología en los sistemas cafetaleros ofrece una vía hacia la producción sostenible al equilibrar los beneficios ecológicos, económicos y sociales (Peña *et al.*, 2024; Ávila-Bello *et al.*, 2023; Alcántara et al., 2024; Larios-González et al., 2016).

3.1. Descripción general del municipio

El municipio de Las Sabanas fue fundado el 11 de agosto de 1942, tras independizarse del municipio de San Lucas gracias a los esfuerzos de varias familias migrantes provenientes de otras localidades. Su nombre proviene del término “sabanetas”, en alusión a las tres sabanas que conforman su territorio. Las Sabanas se caracteriza por un clima fresco, y su punto más elevado es El Aguacatal, con una altitud de 1,735 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía de Las Sabanas, 2007, citado por Delgado, 2016).

Este territorio forma parte de la Reserva Natural Tepec-Xomolth La Patasta, un área protegida que alberga bosques de nebliselva. Las condiciones semi-húmedas del municipio favorecen una vegetación diversa, en la que predominan especies como el pino (*Pinus spp*), café (*Coffea arabica*), roble (*Quercus spp*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), eucalipto (*Eucalyptus spp*) y cedro (*Cedrela odorata*). El relieve del municipio se caracteriza por la presencia de fuertes pendientes, que oscilan entre el 30 % y el 75 %, lo que le confiere un paisaje abrupto. Los suelos, que varían entre moderadamente profundos y muy superficiales (entre 90 y 25 cm), están fuertemente influenciados por el paisaje del municipio y condiciones de manejo por parte del productor (Alcaldía de Las Sabanas, 2007, citado por Delgado, 2016).

3.2. Importancia de la caracterización de sistemas productivos

El proceso de globalización y políticas de libre mercado, en el sector agropecuario ha creado condiciones desfavorables para los pequeños productores, para producir y comercializar sus productos. Esto afecta en especial a los pequeños productores y trabajadores del campo. Uno de los sectores de importancia de la agricultura nicaragüense es el café, este rubro es de mucha importancia en este sector. La caracterización de los sistemas de producción de café implica analizar aspectos agronómicos, socioeconómicos y ambientales que definen cómo se cultiva y comercializa el café.

Existen diferentes tipos de sistemas, desde monocultivos intensivos hasta sistemas diversificados con sombra permanente o transitoria, donde los sistemas con sombra permanente (agroforestales) tienden a tener menores impactos ambientales y mayores rendimientos, aunque también presentan costos más altos (Acosta-Alba et al., 2019).

La producción de café es una actividad clave para la economía de las áreas rurales, generando empleo e ingresos familiares, pero se caracteriza por un bajo uso de tecnología y una alta asociatividad entre productores, lo que no siempre se traduce en mayores ingresos (Dávila et al., 2023). La caracterización de los sistemas de producción de café revela una gran diversidad de prácticas y resultados, donde la integración de la biodiversidad, la tecnología y la organización social son factores clave para la sostenibilidad y el éxito económico del sistema productivo (Acosta-Alba et al., 2019; Dávila et al., 2023; Villavicencio-Enríquez, 2013; Bento et al., 2022).

3.3. Afectaciones del cambio climático en la producción de cafeto

Diversos estudios han evidenciado que Nicaragua se encuentra entre las regiones más vulnerables al cambio climático, enfrentando un aumento progresivo de la temperatura que oscila entre 0.2 °C y 1.6 °C, dentro de los rangos proyectados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). A esta situación se suman problemáticas sociales y económicas como la migración, la escasez de agua y la inseguridad alimentaria. En el ámbito agrícola, los efectos del cambio climático se manifiestan en la disminución de la producción, así como en el incremento de plagas y enfermedades. En las zonas más afectadas, incluso se ha dejado de sembrar debido a la falta de agua para riego (Mejía et al., 2022).

A nivel global, la agricultura enfrenta desafíos similares. Ramírez et al. (2010) advierten que la degradación del suelo y contaminación de los recursos hídricos, agravadas por el cambio climático, han generado una presión significativa sobre la seguridad alimentaria. En este contexto, el cultivo del cafeto es sensible a las alteraciones climáticas.

Las proyecciones climáticas indican que, en los próximos años, factores como la variación en la precipitación y el incremento de la temperatura podrían reducir significativamente las áreas aptas para el cultivo de café. Por ello, se vuelve esencial identificar y desarrollar estrategias de adaptación a nivel de sistemas productivos, considerando los factores determinantes del cambio y promoviendo prácticas que fortalezcan la resiliencia del sistema productivo.

3.4. Importancia de la agroecología en la producción de café

De acuerdo con estudios efectuados por Sarandón & Flores (2014) señalan que la agroecología se orienta hacia la conservación y rehabilitación de los recursos naturales, tanto a nivel local como regional y global. Abordando desde una perspectiva holística y un enfoque sistémico, lo que implica considerar de manera integrada todos los componentes del agroecosistema. Dichos componentes, al estar interrelacionados, son susceptibles de ser afectados negativamente por las decisiones humanas. Por ello, la agroecología promueve prácticas que respeten y fortalezcan la integridad ecológica, social y económica de los sistemas productivos, reconociendo su complejidad y la necesidad de gestionarlos de manera sostenible.

Los estudios efectuados por Nicholls & Altieri (2013) destacan que los agricultores que implementan prácticas agroecológicas han logrado enfrentar, e incluso anticiparse, a los efectos del cambio climático. Estas prácticas han permitido minimizar las pérdidas en las cosechas mediante el uso de estrategias adaptativas. Estas acciones no solo fortalecen la resiliencia de los agroecosistemas, sino que también promueven una agricultura más sostenible y menos dependiente de insumos externos, potencializando los recursos endógenos del sistema productivo.

Si bien las acciones de adaptación pueden contribuir a reducir los impactos del cambio climático, no son suficientes por sí solas para eliminarlos o revertirlos. Por ello, se vuelve imprescindible implementar de manera complementaria medidas de mitigación, orientadas a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, con énfasis a los responsables del calentamiento global. La combinación de estrategias de adaptación y mitigación resulta clave para enfrentar los retos climáticos y garantizar la viabilidad futura de la agricultura.

3.5. Indicador agroecológico

Comprender el concepto de indicadores agroecológicos, es fundamental ya que constituyen la base metodológica del análisis. Según Sarandón & Flores, (2009), un indicador es una variable cuantificable que permite identificar tendencias o condiciones del sistema que no son fácilmente observables.

En el ámbito agroecológico, estos indicadores se clasifican en tres tipos: de estado, que reflejan la situación actual del sistema; de presión, que muestran los efectos de las prácticas de manejo sobre el sistema; y de respuesta, que indican las acciones implementadas para mejorar o revertir una condición. Esta clasificación permite una evaluación integral del agroecosistema, facilitando la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad.

3.6. Metodología MESMI

La metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS) es una herramienta desarrollada por investigadores de la Universidad Autónoma de México (UAM), ampliamente reconocida a nivel nacional e internacional. Desde su publicación en 1999, ha sido aplicada en diversos estudios de caso, convirtiéndose en una de las metodologías más utilizadas para evaluar la sostenibilidad de sistemas agropecuarios (Maser et al., 2008).

Esta metodología propone un enfoque dinámico y multidimensional, estructurado en tres módulos: los pasos del marco, los atributos de sustentabilidad y la dinámica de sistemas, y el diseño de sistemas productivos sostenibles. Su objetivo es brindar herramientas teóricas y prácticas para analizar agroecosistemas desde una perspectiva integral, considerando dimensiones ambientales, sociales y económicas (Masera et al., 2008).

Diversos estudios han demostrado su utilidad, destacando la importancia de la participación de los agricultores en el proceso de evaluación, considerándolos actores clave en la gestión de sus agroecosistemas (Silva et al., 2017; de Souza et al., 2017). Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], ha reconocido el valor de esta metodología en la sistematización de experiencias (Arnés, 2018).

3.7. Importancia de los estudios descriptivos

De acuerdo con Cauas, (2015), los estudios descriptivos se enfocan principalmente en observar y detallar fenómenos sociales dentro de un contexto específico, tanto en tiempo como en espacio. Su propósito es identificar y precisar las características clave de individuos, grupos, comunidades u otros elementos que se analicen. En este tipo de investigación, se seleccionan ciertos aspectos relevantes y se evalúan por separado, con el fin de ofrecer una visión clara y detallada del objeto de estudio. Aunque su enfoque principal es la descripción, en algunos casos pueden permitir realizar predicciones básicas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló entre los meses de Mayo a Diciembre 2023 en las comunidades de Buena Vista, Nueva Esperanza y El Pegador, perteneciente al municipio Las Sabanas el cual se encuentra ubicado en la parte Suroeste del departamento de Madriz. Las Sabanas se encuentra localizado en las coordenadas 13°20' latitud norte y a 86°37' longitud oeste, a 1,260 msnm y con un área superficial de 64.54 km² (Morán-Centeno & Jiménez-Martínez 2023, 2024). En el cuadro 1, se detallan la ubicación de los sistemas de producción de café. El comportamiento de las precipitaciones, temperaturas y humedad relativa durante el año 2023, se muestra en la figura 1, en donde la época lluviosa inicia en el mes de marzo y finaliza en diciembre siendo mayo y junio los meses con mayores precipitaciones, en el caso de las temperaturas promedio mensuales estuvieron en el rango de 21 a 25 °C, siendo abril, mayo y junio los meses más calurosos, sin embargo, la humedad relativa permaneció entre el 50 y 80 por ciento siendo el periodo de mayo a diciembre en donde se registraron los mayores valores, de acuerdo con Morán Centeno, (2025), estas variables influyen en el comportamiento de las enfermedades foliares que afectan el cultivo de café, por lo que la implementación de prácticas de manejo del sistema es fundamental para evitar afectaciones al cultivo.

Cuadro 1. Ubicación de los sistemas de producción de café

Comunidad	Finca	Latitud Norte	Longitud	Altitud (m s.n.m)	Área (Hectárea)
Nueva Esperanza	F1	539704	1476979	1,045.00	2
Nueva Esperanza	F2	539629	1447058	1,103	3
Nueva Esperanza	F3	539982	1477010	1,012	4
Nueva Esperanza	F4	540072	1470956	850	1
Nueva Esperanza	F5	540088	1477020	773	3
El Pegador	F6	540850	1476873	1,037	2
El Pegador	F7	540489	1478041	830	1
El Pegador	F8	540771	1476482	1,200	3
El Pegador	F9	540976	1477119	806	5
El Pegador	F10	540280	1476130	891	5
Buena Vista	F11	540280	1476130	792	6
Buena Vista	F12	543061	1472016	750	3
Buena Vista	F13	542835	1471853	1,050	10
Buena Vista	F14	542855	1471830	1,100	15
Buena Vista	F15	542922	1471931	887	10

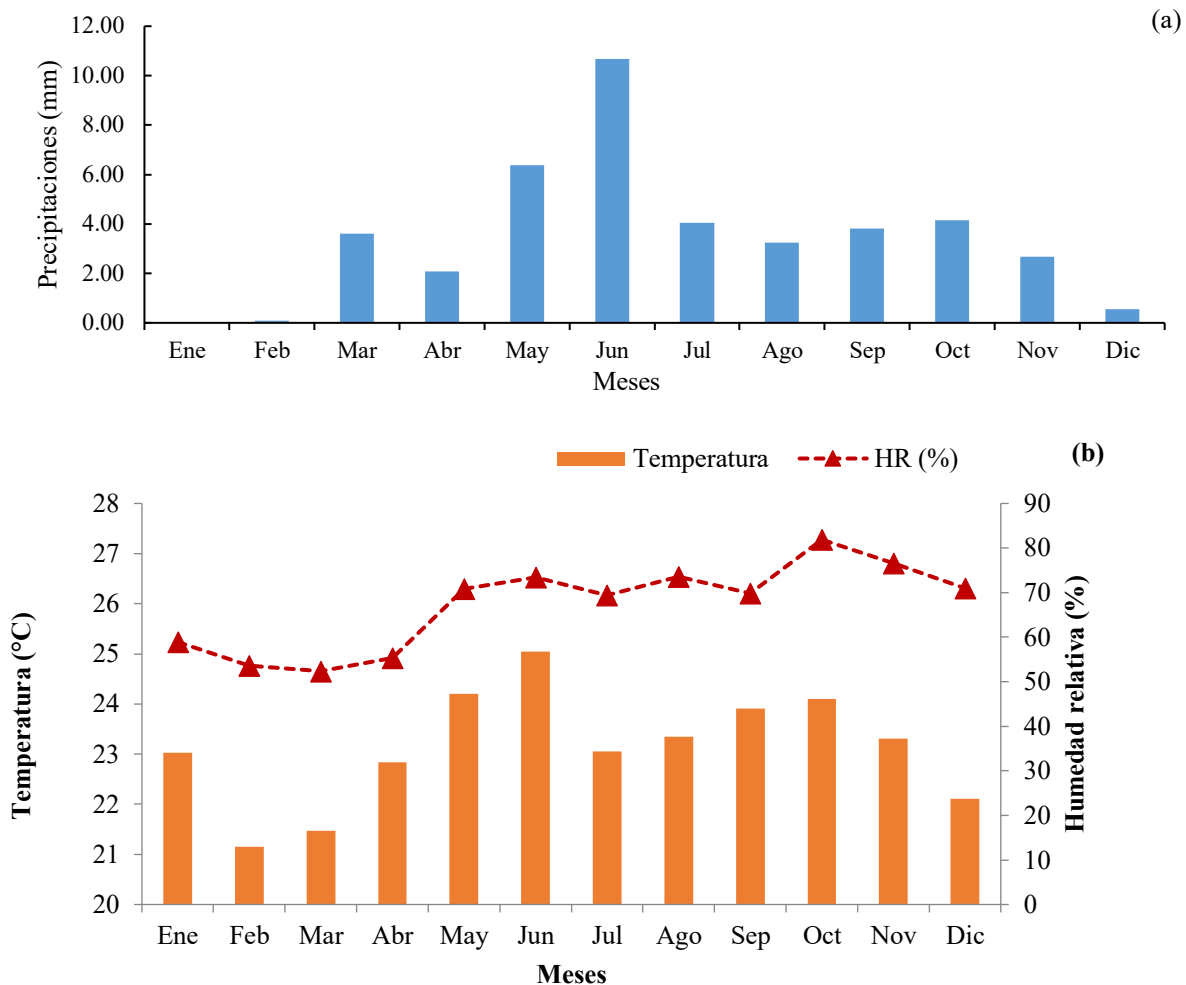


Figura 1. (a) Comportamiento de las precipitaciones, (b) Temperaturas y Humedad relativa en el municipio de las Sabanas en el año 2023.

4.2. Diseño metodológico

La evaluación de los sistemas de producción de café en el municipio de Las Sabanas fue del tipo no experimental, prospectivo se desarrolló bajo el enfoque metodológico del MESMIS, el cual proporciona un marco flexible y participativo que integra dimensiones ambientales, económicas y sociales. El estudio incluyó 15 fincas ubicadas en tres comunidades, de la Reserva Natural Tepec-Xomoth, La Patasta, incorporando indicadores tanto cualitativos como cuantitativos para valorar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

4.3. Fases del estudio

El desarrollo del estudio se efectuó en diversas fases, siendo la selección de información secundaria y el diseño de herramientas metodológica la primera fase del estudio, posteriormente se elaboró la propuesta de investigación. La fase tres consistió en reuniones con los productores, para determinar las visitas a campo, para la obtención y procesamiento de la información. La fase cuatro se refirió a ordenar y procesar la información, para la elaboración del documento final de tesis, la cual es sometida a defensa en la fase cinco del estudio (Figura 2).

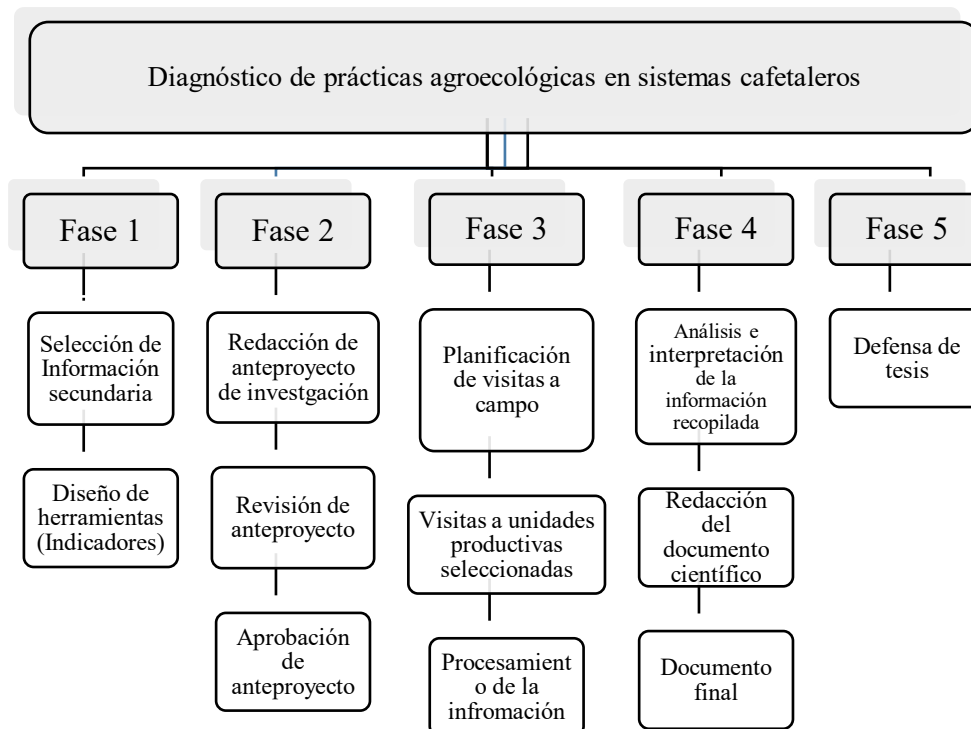


Figura 2. Organigrama de las actividades a realizarse en el estudio de los sistemas de producción en Las Sabanas, Matriz.

4.4. Aplicación de la metodología MESMI

El análisis se centró en analizar los sistemas productivos, destacando las fortalezas y debilidades a partir de atributos clave: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión. Este proceso se desarrolló siguiendo los seis pasos del ciclo de evaluación propuesto por Masera et al. (2008), permitiendo una comprensión integral del desempeño de los sistemas en estudio (Figura 3).

Paso 1. Determinación del estudio

El diagnóstico de los sistemas de producción se llevó a cabo entre mayo y diciembre del 2023, mediante entrevistas y diálogos abiertos con las familias productoras, así como visitas de reconocimiento al sitio de estudio. Este paso permitió recopilar información directa y contextual sobre las condiciones del sistema productivo. La cobertura alcanzada fue de 15 sistemas, lo que garantiza la representatividad y solidez de los datos obtenidos para el análisis.

Paso 2. Determinación de fortalezas y debilidades de los sistemas productivos

En el trabajo de organización de la información, se procedió a un proceso de revisión de la información proporcionada por cada productor, se identificaron las fortalezas y debilidades en cada sistema, procediendo a su expresión de puntos críticos de los sistemas de manejo, se sintetizaron con el criterio de similitud y mayor frecuencia de las respuestas por sitio en estudio, sin embargo, es importante resaltar que se incorporaron puntos críticos muy particulares, pero relevantes al considerar situación o característica del productor.

Paso 3. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores

Con base en los puntos críticos identificados en los sistemas de producción, se definieron los criterios de diagnóstico que permitirían evaluar de forma integral la sostenibilidad. Muchos de estos criterios ya han sido aplicados en estudios similares, lo que respalda su validez y pertinencia. En total, se seleccionaron 13 criterios. Estos fueron organizados en una matriz, que sirvió como herramienta clave para orientar el análisis de los sistemas productivos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Atributos y criterios evaluados en Las Sabanas, 2023

Atributos evaluados	Criterios evaluados
Productividad	1. Desempeño Productivo
	2. Rentabilidad económica
Resiliencia, Estabilidad y Confiabilidad	3. Vulnerabilidad del sistema productivo
	4. Diversidad Arborea presente en el sistema
	5. Calidad del suelo
	6. Protección del suelo
Adaptabilidad	7. Agrobiodiversidad
	8. Formación y actualización de conocimiento
Equidad	9. Integración de la familia
	10. Decisiones en el hogar
Autogestión	11. Transformación
	12. Capacidad de gestión
	13. Beneficios recibidos

Paso 4. Medición de indicadores en los sistemas de producción

Para evaluar el estado actual del sistema, se diseñaron y aplicaron indicadores, algunos con subindicadores, con el fin de obtener información precisa, útil y contextualizada. Los indicadores se organizaron según su relación con los atributos de sostenibilidad definidos en la fase diagnóstica (paso anterior). Para determinar la presencia de árboles de sombra en el cultivo de cafeto se delimitaron parcelas de 50 * 20 metros, para efectuar recorridos en la identificación de los árboles en compañía del productor.

Cuadro 3. Matriz de atributos, criterios de evaluación e indicadores aplicados

Atributos	Criterios Evaluación	Indicadores	Descripción
Productividad	Desempeño productivo	Rendimiento de grano por hectárea	Peso total del grano expresado en kg por hectárea cultivada
	Rentabilidad económica	Ingresos del sistema	Ingresos generados por la venta de productos
Resiliencia, Estabilidad, y Confiabilidad	Nivel de vulnerabilidad del sistema	Riesgo de abandono del cultivo	Se considera mayor riesgo si el productor tiene más de 55 años y reduce su atención al manejo del cultivo
		Porcentaje de sombra proporcionada al café	Sombra generada por árboles asociados dentro del sistema de cultivo
		Incidencia de enfermedades	Porcentaje de árboles afectados por Roya
		Incidencia de plagas	Porcentaje de frutos dañados por Broca
	Diversidad arborea	Diversidad de especies	Número total de especies diferentes presentes en la plantación
		Población de árboles de sombra	Cantidad de árboles o plantas que brindan sombra por hectárea
	Calidad de suelo	Fertilidad del suelo	Análisis de laboratorio para determinar, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio
Calidad biológica del suelo (macrofauna)		Se extrae monolitos de suelo (20×20×30 cm) para contar la macrofauna y otros organismos presentes en la hojarasca y superficie	

Protección de suelo	Cobertura del suelo (%)	Presencia de cobertura vegetal viva o muerta sobre la superficie del suelo
	Métodos de control de malezas	Técnicas y herramientas utilizadas para el manejo de malezas
	Prácticas de reciclaje de biomasa	Uso de restos vegetales provenientes de podas y cosechas como parte del manejo del sistema
Adaptabilidad	Diversidad de especie	Variedad de especies agrícolas cultivadas para la producción de alimentos
	Participación en actividades de capacitación	Asistencia a cursos, talleres, seminarios o días de campo relacionados con el manejo del café
	Fuentes de agua disponibles	Tipos y cantidad de fuentes de agua utilizadas para el hogar y la producción
	Asistencia técnica recibida	Apoyo técnico brindado por instituciones u organizaciones del sector agropecuario
Formación y actualización de conocimiento	Integración familiar en actividades de la parcela	Participación de los miembros del hogar en las decisiones y labores del cultivo
	Participación en decisiones del hogar	Nivel de consenso y participación en la toma de decisiones
	Acceso al mercado y fijación de precios	Mecanismos que determina el precio de venta
	Cantidad porcentual de café transformado	Realiza procesos artesanales que transforma el café
Autogestión	Transformación	Realiza procesos artesanales que transforma el café
	Capacidad de gestión	Diversificación de mercados
	Beneficios recibidos	Tipos de apoyos recibidos
		Recibe asistencia técnica, capacitación, insumos agrícolas, beneficiado, comercialización y préstamos.

Una vez los indicadores fueron tomados en campo de manera cualitativa, se les asignó un valor cuantitativo, mediante la implementación de una escala de juicio, la cual se detalla a continuación:

Cuadro 4. Escala estandarizada de medición de indicadores

Escala	Valor	Integración familiar	Riesgo de abandono	Sombra (%)	Plagas y enfermedades	Diversidad vegetal presente	Control de malezas
81 a 100	5	100%	Muy Alto (+54 años)	30 a 40	0 a 5 %	Más de 14 especies	Machete
61 a 80	4	80%	Alto (> 54 años)	20 a 29	5.1 a 10 %	Entre 10 y 14 especies	Moto guadaña
41 a 60	3	60%	Medio (menor de 50 años)	10 a 19	10.1 a 15 %	Entre 7 y 9 especies	Herbicida + Machete
21 a 40	2	40%	Bajo (Entre 40 y 50 años)	1 a 9	15.1 a 20 %	Entre 4 y 6 especies	Herbicida
0 a 20	1	20%	Muy bajo (> 40 años)	0	> 20	Menos de 4 especies	Sin control

Paso 5. Revisión y representación de indicadores

Se efectuó una revisión de los datos, esto permitió depurar la información y asegurar su calidad, posteriormente, se organizó la base de datos empleando el programa SPSS. Para la presentación de los resultados, se emplearon técnicas gráficas y mixtas, combinando representaciones visuales con datos numéricos, lo que permitió una interpretación más clara y accesible de los hallazgos. Este enfoque integrador no solo mejora la comprensión de los resultados, sino que también fortalece la toma de decisiones informadas por parte del productor.

Paso 6. Consideraciones finales

La integración de los resultados obtenidos a lo largo del proceso permitió emitir un juicio de valor sólidamente fundamentado, al conjugar tanto la riqueza de las experiencias compartidas por las familias productoras como los hallazgos técnicos derivados del diagnóstico. Esta articulación posibilitó evaluar con mayor profundidad si la información recopilada fue pertinente y suficiente para responder a los objetivos inicialmente planteados. En caso de identificarse vacíos o inconsistencias, se contempla la posibilidad de reiniciar el proceso en una segunda fase, garantizando así la calidad y la relevancia de los datos para la toma de decisiones.

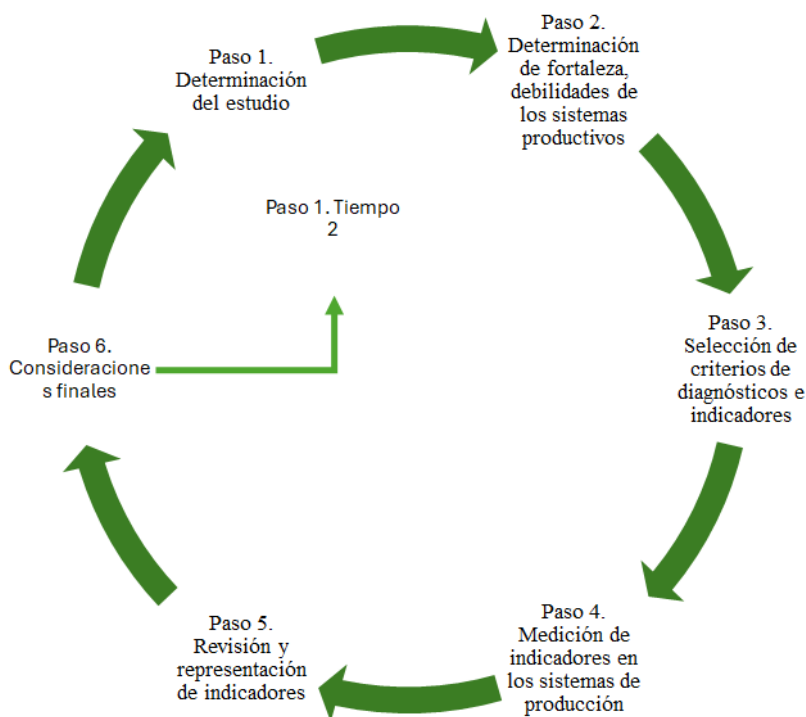


Figura 3. Ciclo de desarrollo de la metodología MESMI (Fuente: Masera et al., 2008).

4.5. Análisis de datos

Para interpretar los datos recolectados en campo, se aplicaron métodos estadísticos descriptivos. Inicialmente, se utilizaron estadísticas básicas, tablas de contingencia, con el fin de identificar relaciones significativas entre variables cualitativas y cuantitativas. Como parte del análisis integral de sostenibilidad, se ponderaron diversos atributos de los sistemas productivos evaluados, los cuales fueron estandarizados para facilitar su comparación y análisis. Este enfoque permitió obtener una visión holística del desempeño de cada sistema productivo. Se empleó el paquete estadístico SPSS (Statistics Package for Social Science), versión 19®).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Aspectos sociales

El análisis de los aspectos sociales dentro de los sistemas de producción de café, constituyen un parámetro en la elección de decisiones y manejo del sistema. Se encontró que existe una marcada predominancia masculina, con un 80 % de los cafecultores y solo un 20 % como mujeres. En cuanto a la ocupación, la mayoría se desempeña como trabajadores agropecuarios (73.4 %), lo que sugiere una vinculación con actividades rurales o agrícolas. Un 20% se son amas de casa, y un 6.7 % trabaja en el sector público (Figura 4). Estudio efectuado por Leguizamo-Sotelo et al. (2024), publicaron que la participación de las mujeres es poca en las actividades de la cafecultura, por lo cual las labores del campo se relacionan con el sexo masculino, esto concuerda con los resultados encontrados en este estudio.

La producción de café en los sistemas de producción refleja un arraigo tradicional, esto es expresado por García-Domínguez et al. (2021); Jaramillo-Villanueva et al. (2022), en donde las labores del campo se relacionan a los hombres, el apego a las costumbres familiares en donde los roles ya están definidos en el núcleo familiar.

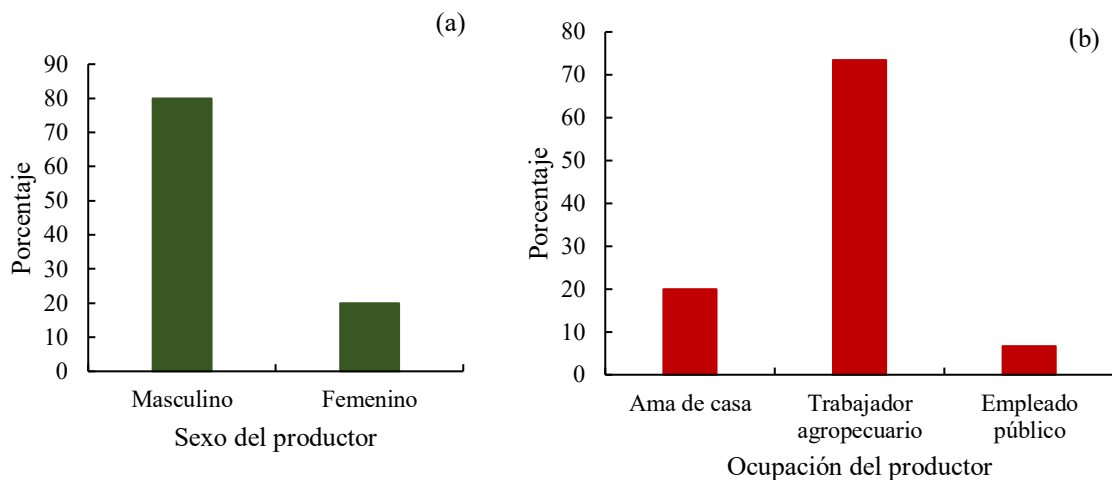


Figura 4. (a) Comportamiento del género y (b) ocupación de los productores de café en tres comunidades de Las Sabanas.

El nivel educativo alcanzado una concentración en el nivel primaria, que representa aproximadamente el 73.4 % de los individuos. Este dato sugiere que la mayoría de la población ha accedido a una educación básica, pero no ha continuado hacia niveles superiores. En contraste, los niveles de secundaria y universitario presentan una participación menor, ambos con un 6.7 %, lo que evidencia una limitada continuidad educativa.

El porcentaje de personas sin estudios formales fue del 13.3 %, lo cual, no representa un desafío importante en términos de inclusión educativa y acceso a oportunidades. Desde una perspectiva de desarrollo rural, estos resultados reflejan una necesidad urgente de fortalecer programas educativos, especialmente en contextos agrícolas donde el conocimiento técnico puede mejorar la productividad y calidad de vida de los miembros del hogar. Resultados similares expresado por Leguizamo-Sotelo et al. (2024), en donde resalta que en las áreas rurales el 10 % de la población no cuentan con estudios formales y que predomina el nivel básico (Primaria), sin embargo, otros autores como Leguizamo-Sotelo et al. (2023c), mencionan que la producción de café se está trasladando a actores jóvenes quienes cuentan con un mayor nivel de escolaridad, acceso a información y tecnologías productivas.

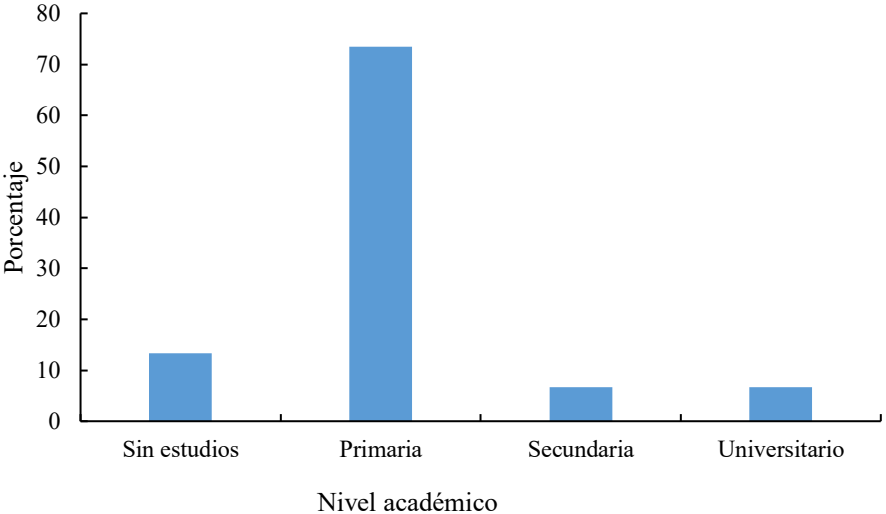


Figura 5. Nivel académico de los cafeticultores en tres comunidades del municipio de Las Sabanas.

La fuente de energía empleada en los hogares es un factor de importancia, para comprender el funcionamiento del sistema de producción, el acceso al servicio de energía eléctrica fue de 86.7 %, como principal fuente energética. Este dato sugiere una cobertura eléctrica amplia en la zona, lo cual es un indicador positivo en términos de infraestructura básica. En contraste, tanto el gas licuado como la leña son utilizados en proporciones iguales, representando cada uno un 6.7 %. La baja dependencia de la leña es particularmente relevante desde una perspectiva ambiental, ya que su uso excesivo suele estar asociado con la deforestación y problemas de salud respiratoria.

Se observó en un 66.7 % de los hogares no tienen acceso al agua potable, mientras que solo un 33.3 % reportaron contar con este servicio. Esto constituye una limitada cobertura, la carencia representa una barrera significativa para el desarrollo agrícola y económico. La falta de servicios básicos no solo afecta el bienestar de las familias, sino que también limita las oportunidades de educación, salud y desarrollo económico (Figura 6). De acuerdo con Benavides González et al. (2021), la principal fuente de energía empleada en la zona rural de Nicaragua es el uso de leña para las labores domésticas y resalta que el servicio de energía eléctrica en el campo es alto.

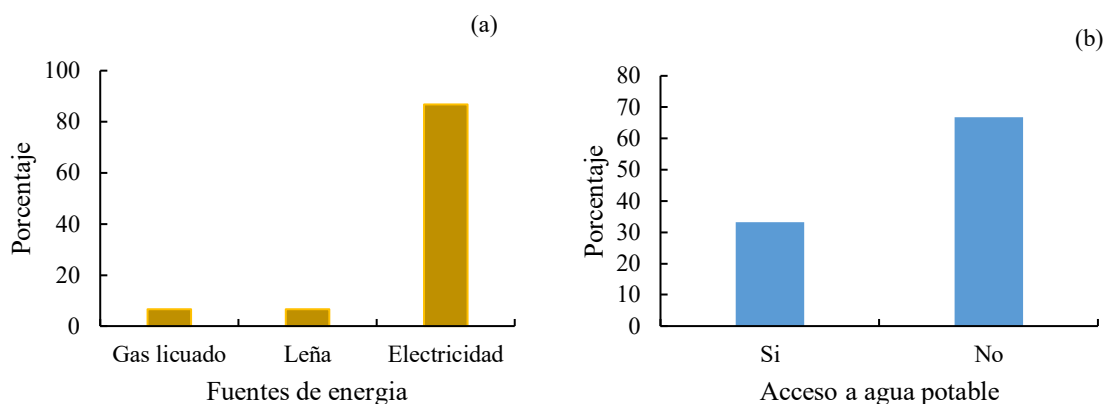


Figura 6. (a) Acceso a fuentes de energía y (b) agua potable en hogares de tres comunidades de Las Sabanas.

5.2. Aspectos productivos

Es importante mencionar que la asociación de árboles frutales con plantas de café representa una estrategia productiva que emplea el productor para obtener producción durante todo el año (Figura 7 a). La diversificación de los sistemas de producción fue publicada por Benavides González et al. (2021); Morán-Centeno & Jiménez-Martínez (2023), en donde la búsqueda de ingresos durante el año y la seguridad alimentaria de la familia, son factores que considera el productor para el establecimiento de cultivos asociados al cafetal.

Dentro de los granos básicos en los sistemas de producción predominó el maíz (*Zea mays* L.), con 66.7 %, mientras que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) alcanza un 33.3 % (Figura 7 b). Esta relación evidencia una clara preferencia por el cultivo de maíz, lo cual es coherente con su papel como alimento básico en la dieta, su importancia cultural y económica. La menor proporción del frijol, aunque significativa, podría estar relacionada con factores como la estacionalidad, las condiciones agroecológicas específicas de la zona. No obstante, su presencia también indica una estrategia de diversificación alimentaria y de seguridad nutricional.

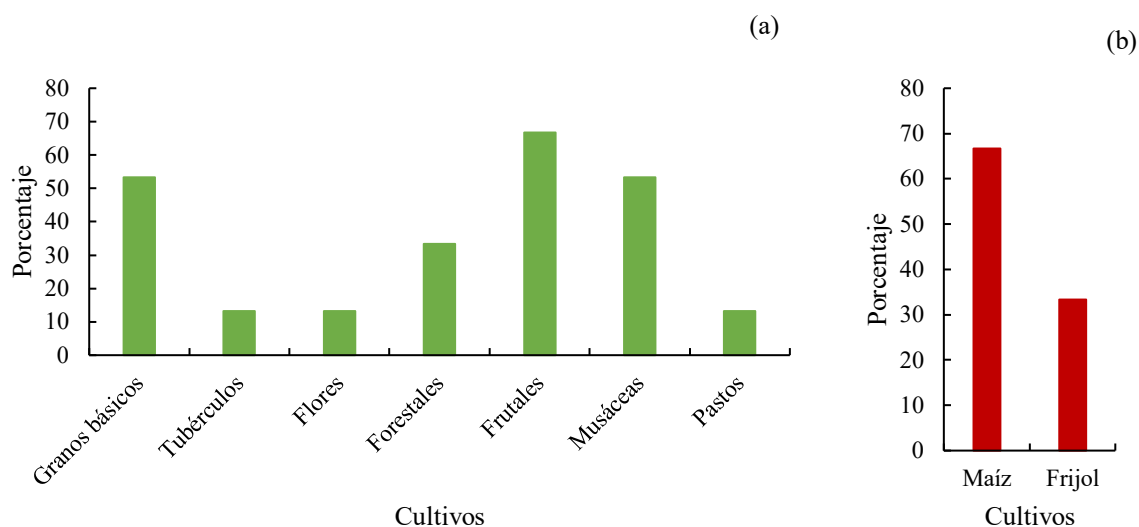


Figura 7. (a) Principales cultivos encontrados en los sistemas de producción de café (b) porcentaje de granos básicos establecidos.

Al enfocarse en el cultivo de cafeto, en las comunidades bajo estudio se pudo constatar que la variedad Catimor predomina en Buena Vista (40 %) y El Pegador (30 %), mientras que en Nueva Esperanza su presencia es menor (20 %). Por otro lado, la variedad Villa Sarchi mantiene una distribución únicamente en El Pegador. La variedad Lempira destaca especialmente en Buena Vista y El Pegador, donde alcanza el 5 %, lo que sugiere una preferencia o adaptación particular de esta variedad en dicha localidad. Desde un análisis agronómico, esta diversidad varietal puede estar influenciada por factores como la altitud, el microclima, la resistencia a enfermedades o las preferencias del mercado. La coexistencia de múltiples variedades también puede contribuir a una mayor resiliencia productiva frente a plagas y condiciones climáticas adversas (Figura 8).

El establecimiento de diversas variedades dentro de los sistemas de producción de cafeto es mencionado por Siu-Palma & Morán-Centeno (2025); Morán-Centeno & Jiménez-Martínez (2023), Gasperín-García et al. (2023), Rojas Ruiz et al. (2020), siendo una estrategia de los cafeticultores en busca de reducir las afectaciones y pérdidas causada por la roya, debido al establecimiento del cafeto bajo sombra.

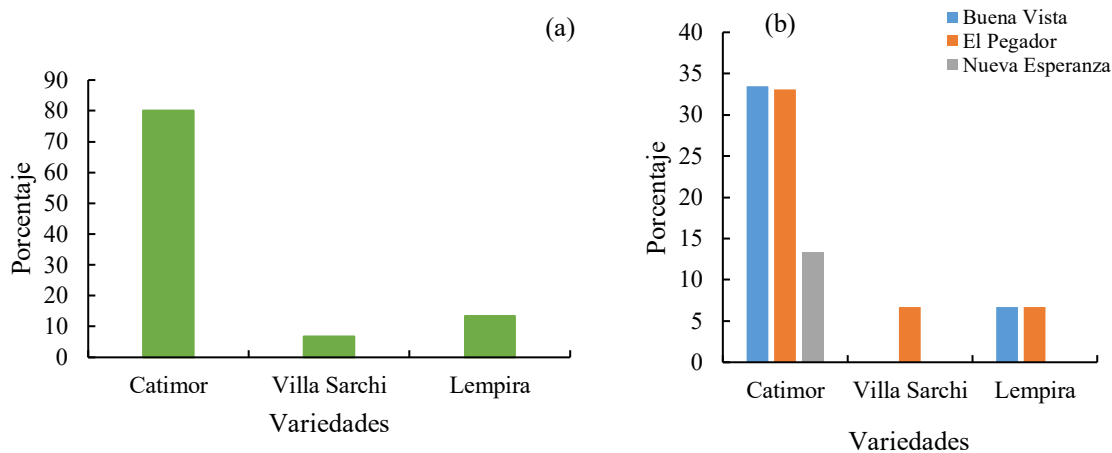


Figura 8. (a) Principales variedades de cafeto y (b) distribución en tres comunidades de Las Sabanas.

La mayoría de los productores trabajan en unidades de producción pequeñas, lo cual es característico de la agricultura familiar en zonas rurales. Este tipo de estructura productiva puede limitar la capacidad de mecanización, acceso a financiamiento, sin embargo, favorece las prácticas más sostenibles y adaptadas al entorno local. Los sistemas productivos se registraron en el rango de tres hasta las 15 hectáreas, sobresaliendo aquellas menores a diez, con volúmenes de producción de 900 a 9,000 kilogramos, estando en una relación directa la cantidad de café producido con la extensión del área cultivada con este rubro (Figura 9).

Los estudios publicados por Morán-Centeno & Jiménez-Martínez (2023); Salazar Hitcher & Jiménez-Martínez (2022), en Nicaragua predominan los pequeños productores de café, con extensiones menores a cinco hectáreas, así mismo, Siu-Palma & Morán-Centeno (2025) detalla que las áreas de producción de café son pequeñas y son manejada por pequeños productores en altitudes mayores a los 800 metros sobre el nivel del mar,

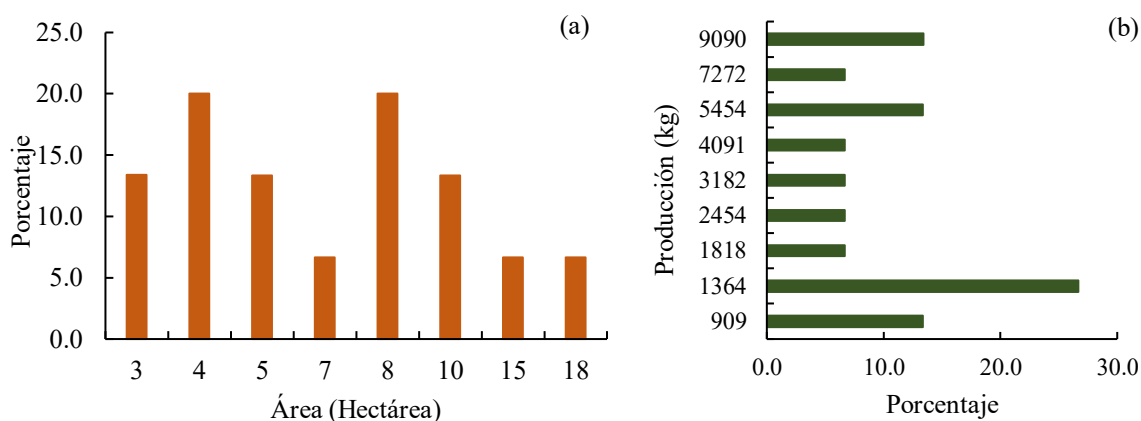


Figura 9. (a) Distribución de las áreas de producción y (b) volumen de café, en tres comunidades de Las Sabanas.

Dentro de las prácticas de manejo de las plantaciones de cafeto, la fertilización y el manejo fitosanitario son dos aspectos de relevancia. Los productores de las comunidades emplean como fuente nutricional proporcionadas a sus plantas de cafeto aquellas de origen sintético en 13.3 %, seguida por la fertilización orgánica (26.7 %) y la fertilización foliar (46.7 %).

En contraste, el uso de plaguicidas, fungicidas y herbicidas es menor, con valores entre 0 % y 20 %. Esto sugiere una tendencia hacia prácticas de fertilización como estrategia principal para mejorar la productividad, mientras que el uso de productos fitosanitarios es más limitado.

Esto podría deberse a factores como el costo, la disponibilidad, la capacitación técnica o una preferencia por métodos de manejo más sostenibles. Desde una visión agroecología el uso moderado de insumos químicos es positivo ya que reduce el riesgo de contaminación ambiental y resistencia de plagas (Figura 10), resultados similares fueron reportado por Morán-Centeno & Jiménez-Martínez (2023); Siu-Palma & Morán-Centeno (2025).

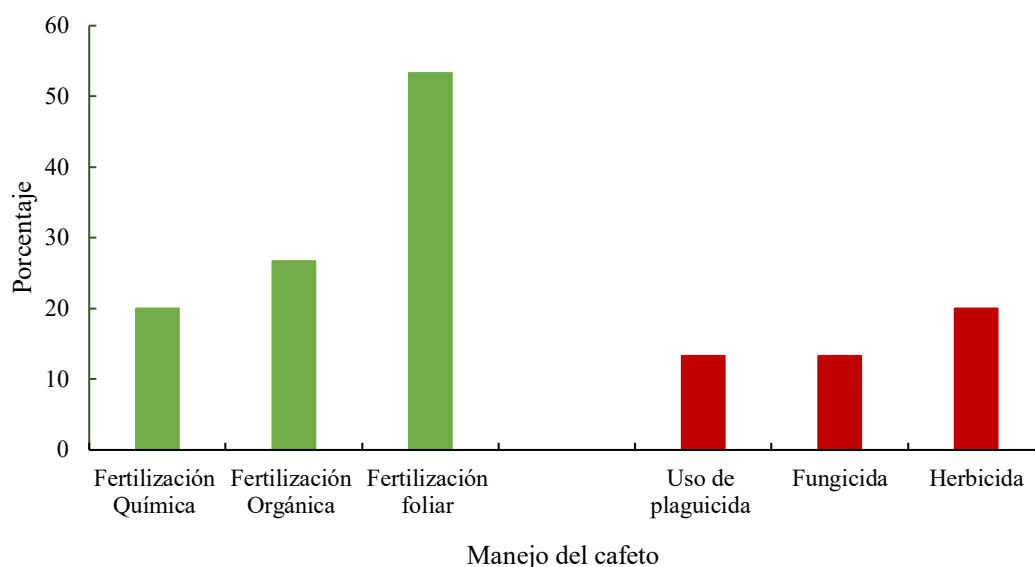


Figura 10. Tipo de fertilización y uso de plaguicidas empleados en el manejo de los sistemas de producción de café.

Las prácticas de manejo empleada por los productores, la adopción de diversas prácticas de conservación de suelos las más utilizadas fueron curva a nivel, con un 73.3 %, seguida de terrazas, barreras vivas, barreras muertas, abono verde y compostaje, todas con valores entre 73.3 % y 80 % respectivamente (Figura 11).

El uso de dichas prácticas indica una conciencia sobre la importancia de conservar el suelo. La implementación de terrazas y curvas a nivel son fundamentales para prevenir la erosión, especialmente en terrenos inclinados, mientras que el uso de abonos verdes y compostaje contribuye a mejorar la fertilidad y la estructura del suelo, la implementación de estas prácticas no solo mejora la sostenibilidad del sistema productivo, sino que también puede aumentar la resiliencia frente al cambio climático y reducir la dependencia de insumos externos (Morán-Centeno & Jiménez-Martínez, 2024; Durand-Bessart et al., 2020)

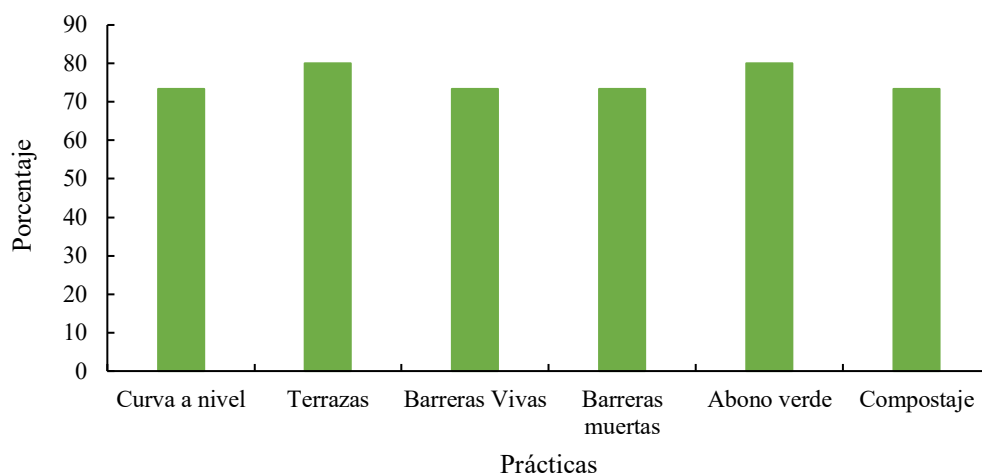


Figura 11. Prácticas de conservación de suelo empleadas.

No obstante, el manejo de la sanidad del cultivo de café es efectuada mediante la implementación de diversas prácticas agronómicas. Las más implementadas son el manejo de plagas (80 %) y el manejo de sombra (73.3 %), seguidas por las podas (66.7 %) y la resiembra (60 %). En menor proporción se encuentran la pepena (53.3 %) y el asocio de cultivos (46.7 %).

El manejo integrado del cultivo, donde se prioriza el control de factores bióticos (plagas y sombra) y el mantenimiento estructural de las plantas (poda y resiembra). La práctica del asocio de cultivos, aunque menos frecuente, es relevante por sus beneficios a la biodiversidad, control natural de plagas y uso eficiente del suelo (Figura 12).

Estudio efectuado por Siu-Palma & Morán-Centeno (2025), expresan que la implementación de prácticas de manejo orientadas a mantener una estabilidad en el sistema de producción contribuye de manera eficiente en la reducción de las afectaciones por plagas y enfermedades.

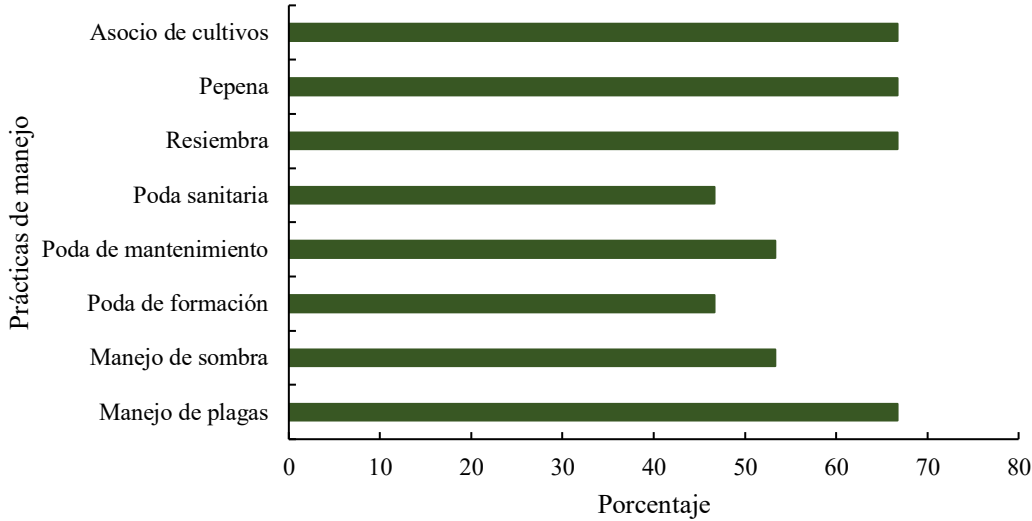


Figura 12. Prácticas de manejo de plagas y enfermedades empleadas por productores en tres comunidades de Las Sabanas.

El Cuadro 5 identifica las principales fortalezas y debilidades. Entre las fortalezas destacan la aplicación de buenas prácticas agrícolas, la calidad del suelo, la cobertura vegetal permanente, la producción de café de alta calidad, la diversidad arbórea. También se valora el uso de mano de obra familiar, la cercanía a vías de acceso y la toma de decisiones compartida en el núcleo familiar. Por otro lado, las debilidades incluyen pérdidas económicas por plagas y enfermedades, altos costos de producción, limitaciones económicas, poda no adecuada de árboles de sombra, vulnerabilidad a fenómenos climáticos y escasa información sobre precios de mercado. Esto evidencia un sistema con baja tecnificación y bases ecológicas sólidas, pero con desafíos económicos y de acceso a información y tecnología.

Cuadro 5. Determinación de fortalezas y debilidades identificadas en los sistemas de producción de café

Fortalezas	Debilidades
1. Aplicación de buenas prácticas de manejo: poda, manejo de enfermedades y fertilización.	1. Pérdidas económicas por daños causados por plagas y enfermedades
2. Suelos de buena calidad, aptos para el cultivo	2. Altos costos de producción.
3. Cobertura permanente del suelo, lo que mejora la conservación y biota edáfica.	3. Limitaciones económicas
4. Producción de café de calidad.	4. Poda inadecuada de los árboles de sombra.
5. Diversidad de árboles presentes en el sistema.	5. Falta de transformación industrial del grano por desconocimiento y falta de equipos.
6. Disponibilidad de agua	6. Las plantaciones son vulnerables a fenómenos climáticos.
7. Buena disposición para adquirir y aplicar nuevos conocimientos sobre el manejo del cultivo.	7. Falta de información sobre el precio del grano en los principales mercados nacionales.
8. Uso predominante de mano de obra familiar, lo que reduce costos.	
9. Proximidad de las fincas a las principales vías de acceso.	
10. Toma de decisiones productivas de forma conjunta en el núcleo familiar.	

5.3. Aspectos ambientales

El componente arbóreo en los sistemas de producción estuvo conformado por cinco familias botánicas. Se observó que la familia Fabaceae es la más representativa en todas las comunidades, especialmente en Nueva Esperanza, lo que sugiere su importancia ecológica y posiblemente económica. La familia Rubiaceae también muestra una presencia significativa, seguida por Myrtaceae, Lauraceae y Moraceae, aunque con menor frecuencia. Esta diversidad refleja un sistema agroforestal relativamente complejo, donde la coexistencia de múltiples especies puede favorecer la conservación de la biodiversidad, la regulación del micro climática y la provisión de servicios ecosistémicos.

La presencia de múltiples familias arbóreas puede contribuir a la resiliencia del sistema productivo, al mejorar la estructura del suelo, atraer fauna benéfica y diversificar los productos disponibles para el consumo o la venta (Figura 13). Delgado, (2016), destaca que los recursos forestales constituyen en términos económicos una fuente de ingreso familiar, alimentación y combustible.

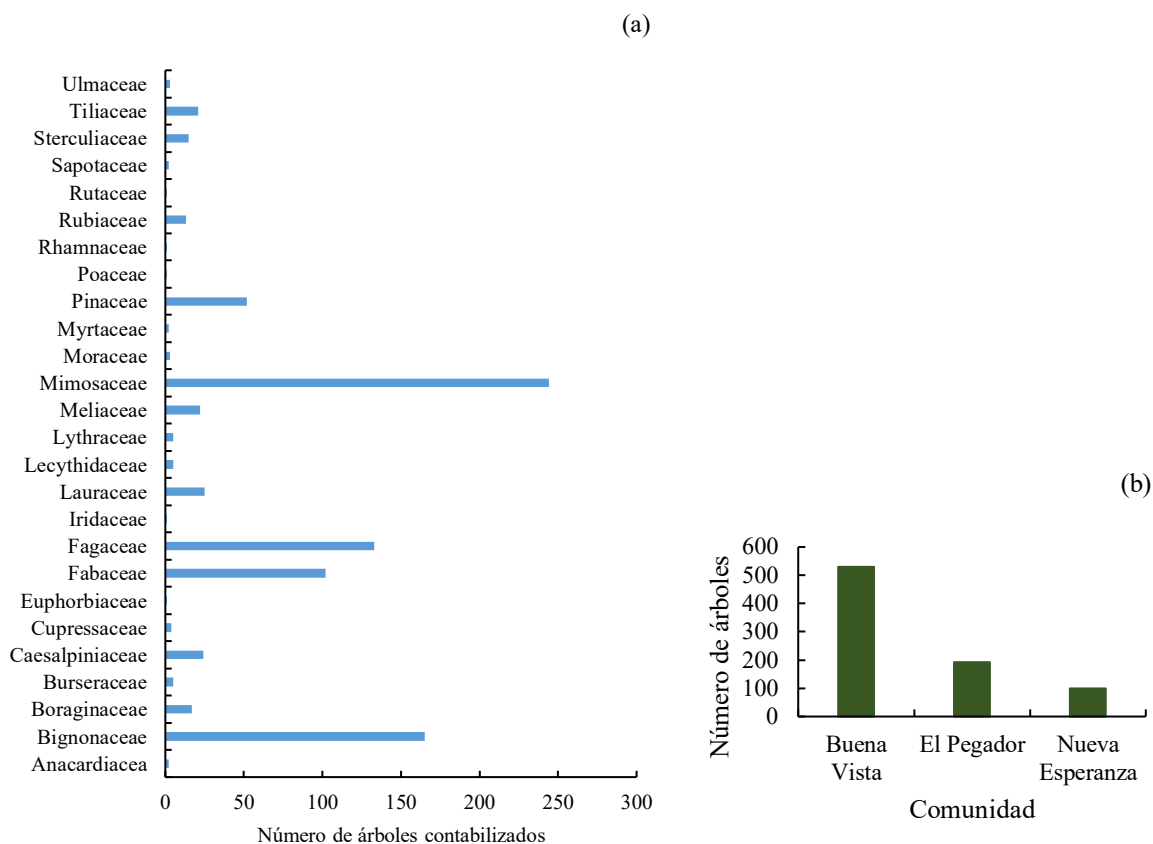


Figura 13. (a) Distribución de la diversidad arbórea por familia, (b) en tres comunidades de Las Sabanas.

En cuanto al uso de esta diversidad arbórea se encontró que, en la comunidad de Buena Vista, el uso predominante es para cerca (40 %), seguido de leña y madera (ambos con 30 %). En cuanto al Pegador, el uso está distribuido equitativamente entre las tres categorías (33.3 % cada una), lo que sugiere una estrategia de aprovechamiento más balanceada. Sin embargo, en Nueva Esperanza, el uso para leña es alto (40 %), seguido de madera (33.3 %) y cerca (26.7 %). El uso para leña y madera indica una dependencia significativa de los recursos forestales para energía y construcción (Figura 14).

Estudio efectuado por Ruiz, (2019), detallan que, en las comunidades rurales del norte de Nicaragua, la diversidad florística es empleado para diversos usos tales como leña, construcción, industria, madera y cercas. Representando una fuente de energía e ingresos para las familias productoras.

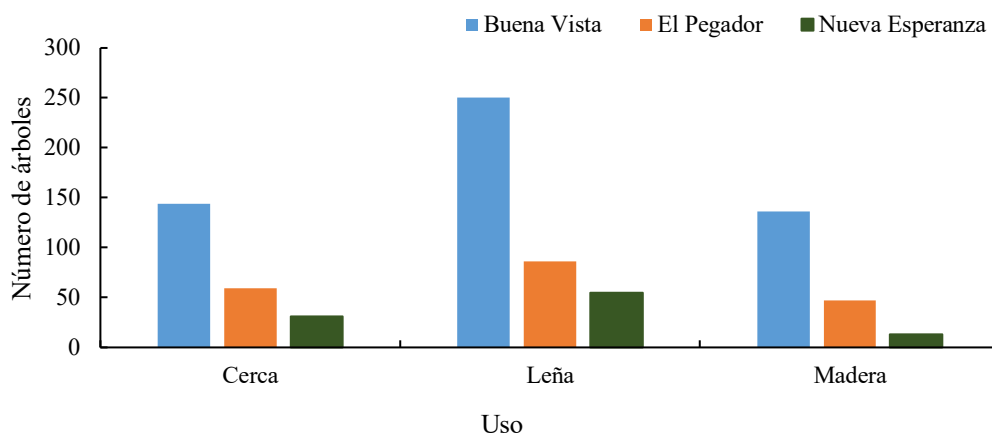


Figura 14. Uso de la diversidad arbórea en tres comunidades de Las Sabanas.

Las familias botánicas más representativas en cuanto a uso múltiple son Mimosaceae, Fabaceae, Fagaceae y Bignonaceae, destacándose por su alta frecuencia en los tres tipos de uso. Los árboles de la familia Mimosaceae son empleados principalmente para leña, mientras que Fabaceae y Fagaceae, se emplean como cercas y madera. Esto refleja una estrategia de manejo agroecológico que busca aprovechar al máximo los recursos arbóreos disponibles, integrando funciones productivas y ecológicas. Además, se encontró que algunas familias, como Lauraceae y Pinaceae, tienen un uso más específico, principalmente para madera.

La diversidad de usos de los árboles en estos sistemas no solo contribuye a la sostenibilidad del cultivo de café, sino que también fortalece la resiliencia económica y ecológica, al diversificar las fuentes de ingreso y mejorar la estructura del paisaje agrícola. Estos usos se deben a que los productores aprovechan la capacidad de cada sistema productivo en la generación de bienes y servicios de la flora y fauna presente (Ruiz, 2019; Delgado, 2016).

Cuadro 6. Uso de los árboles por familia, identificados en los sistemas de producción de café, en Las Sabanas, Madriz

Familia	Uso de los árboles			Familia	Uso de los árboles		
	Cerca	Leña	Madera		Cerca	Leña	Madera
Anacardiaceae	2	0	51	Moraceae	3	0	0
Bignoniaceae	39	75	5	Pinaceae	2	3	47
Boraginaceae	3	9	0	Rubiaceae	3	10	0
Burseraceae	5	0	0	Sterculiaceae	2	13	0
Caesalpiniaceae	14	9	1	Tiliaceae	2	16	3
Cupressaceae	2	1	1	Verbenaceae	32	52	16
Fabaceae	51	22	29	Lythraceae	0	5	0
Fagaceae	36	69	28	Myrtaceae	0	1	1
Iridaceae	1	0	0	Sapotaceae	0	1	1
Lauraceae	1	6	18	Ulmaceae	0	3	0
Lecythidaceae	1	0	4	Poaceae	0	0	1
Meliaceae	1	0	0	Rhamnaceae	0	0	1
Mimosaceae	71	160	13	Rutaceae	0	0	1

5.4. Macrobiota edáfica en los sistemas de producción de café

La macrofauna total estimada por metro cuadrado se registró que Nueva Esperanza presenta la mayor cantidad con 20,672 individuos, seguida por El Pegador (11,600) y Buena Vista con 3,392 (Figura 15). Estas diferencias podrían estar relacionadas con factores como la fertilidad del suelo, el manejo agronómico, la diversidad presente en el sistema de producción de café. La cantidad de individuos en Nueva Esperanza se puede interpretar como un sistema más eficiente. El manejo del material orgánico en los sistemas de producción constituye un suministro de alimento para la biota edáfica (Zhang et al., 2022); la mejora en las propiedades del suelo favorece la alimentación y reproducción de los organismos que viven por debajo de la superficie del suelo (Scaglione et al., 2023; Morán-Centeno & Jiménez-Martínez, 2024).

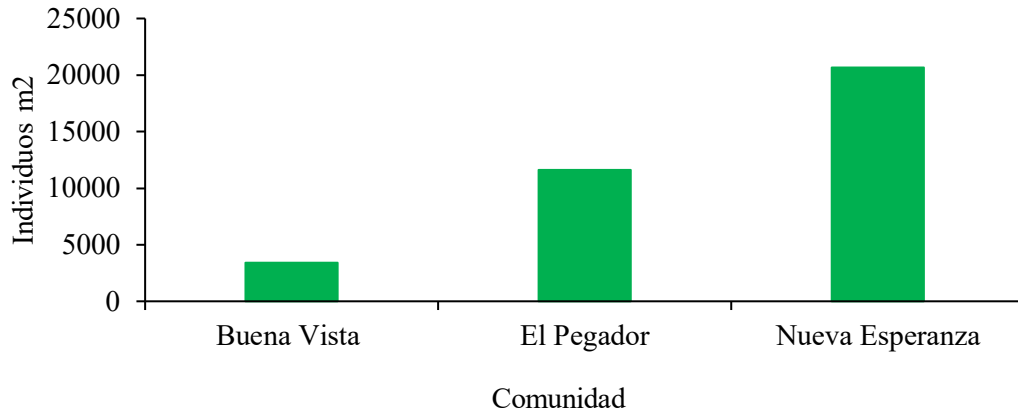


Figura 15. Cantidad de individuos de la macrobiota registrado en tres comunidades de Las Sabanas.

La distribución por taxones destacó el grupo de Coleoptera (escarabajos) con un 30%, seguido por Formicidae (hormigas) con 25%. Otros grupos como Araneae (arañas), Orthoptera (saltamontes y grillos), Hemiptera (chinchas) y Lepidoptera (mariposas y polillas) tienen una representación similar, alrededor del 10-15% cada uno (Figura 16).

Esta diversidad en los sistemas refleja una estructura trófica compleja, donde coexisten depredadores, herbívoros y descomponedores. La alta presencia de coleópteros y formícidos se asocia a la disponibilidad de materia orgánica, microhábitats adecuados y prácticas agrícolas que favorecen la biodiversidad. En términos agroecológicos, la diversidad de macrofauna es un indicador clave de salud del suelo y funcionalidad del agroecosistema. Su monitoreo permite evaluar el impacto de las prácticas agrícolas y diseñar estrategias de manejo más sostenibles y resilientes. En estudio publicado por Castillo-Trejo et al. (2023); Cabrerías-Dávila et al. (2017); Cabrera Dávila & López Iborra, (2018); mencionan que la presencia de material vegetal sobre el suelo y en proceso de descomposición crean condiciones óptimas en cuanto a refugio y presas, lo que se traduce a beneficios ecosistémicos.

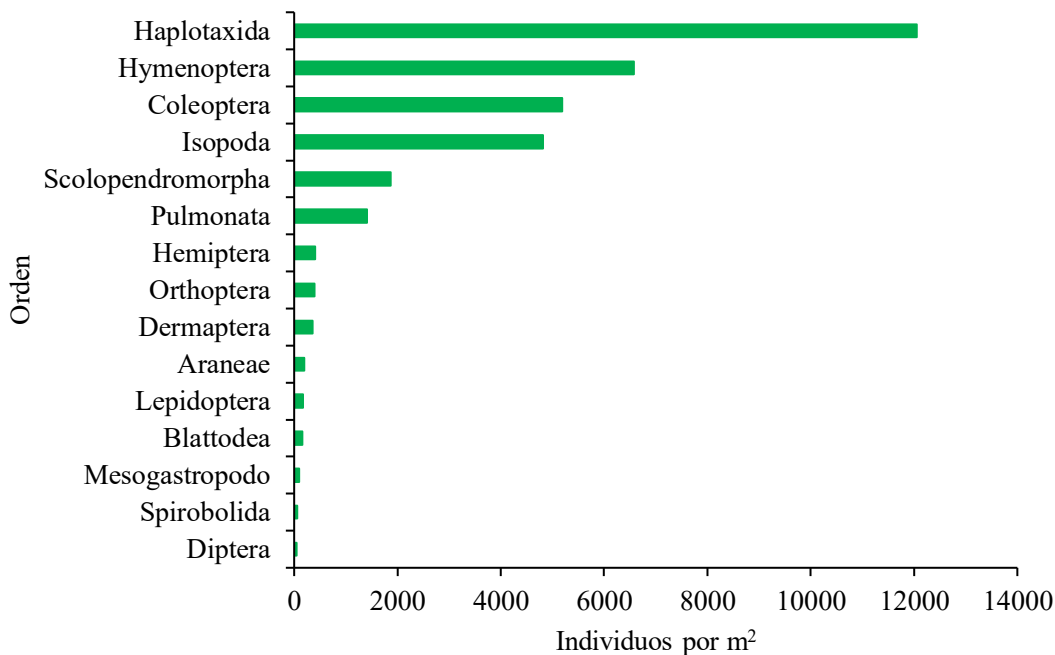


Figura 16. Distribución de individuos de la macrofauna edáfica por orden en tres comunidades de Las Sabanas.

En el cuadro 7, se detalla el comportamiento de la diversidad y abundancia de fauna edáfica. Se identificaron múltiples familias de insectos, arácnidos, moluscos y otros invertebrados, con una notable variación en la cantidad de individuos por metro cuadrado entre las comunidades. Destacan familias como Formicidae (hormigas), Lumbricidae (lombrices), Scarabaeidae (escarabajos) y Salticidae (arañas saltadoras), que presentan altas densidades, especialmente en El Pegador y Nueva Esperanza. La familia, Lumbricidae alcanza hasta 10,784 individuos/m² en Nueva Esperanza, lo que sugiere una excelente actividad biológica del suelo. También se observó la presencia de familias como Scolopendridae y Theraphosidae, que indican una fauna diversa y funcional.

La diversidad y abundancia de fauna edáfica está asociada con suelos fértiles, mayor descomposición de materia orgánica y control biológico natural. Estudio efectuado por Morán-Centeno & Jiménez-Martínez, (2024); Quiroz-Medina & Bárcenas-Lanzas, (2023); Lima et al. (2017), destacan que la implementación de prácticas de manejo como el control de sombra, podas, favorece la estabilidad ecológica. Estos mismos autores mencionan que la alta presencia de detritívoros, omnívoros y depredadores, son indicativos de un ecosistema funcional y equilibrado.

Cuadro 7. Cantidad de individuos por familias encontradas en los sistemas de producción de café

Familias	El Pegador	Buena Vista	Nueva Esperanza	Familias	El Pegador	Buena Vista	Nueva Esperanza
Individuos por m ²				Individuos por m ²			
Acrididae	16	48	NP	Noctuidae	32	16	32
Aphididae	32	32	NP	Planorbidae	48	48	NP
Blatellidae	96	48	16	Porcellionidae	288	96	NP
Buprestidae	96	16	NP	Reduviidae	32	16	80
Cercopidae	16	16	NP	Rhinocricidae	64	64	2,784
Chysomelidae	144	32	240	Rhinotermitidae	16	160	NP
Cleridae	32	NP	NP	Salticidae	384	208	1,392
Coccinellidae	64	32	NP	Scarabaeidae	576	160	960
Curculionidae	16	48	48	Scolopendridae	752	16	32
NP Elateridae	608	48	80	Sphingidae	48	NP	320
Emilidae	432	96	NP	Staphylinidae	96	NP	NP
Forficulidae	96	112	144	Stratiomyidae	16	NP	32
Formicidae	3,008	1,056	2,000	Tenebrionidae	160	192	32
Gelastocoridae	16	48	32	Termitidae	1,520	48	NP
Gryllidae	144	16	176	Theraphosidae	608	64	NP
Helicidae	608	64	NP	Veronicellidae	112	NP	624
Lampyridae	160	16	NP	Vespidae	80	NP	NP
Lumbricidae	1,056	208	10,784	Opiliones	NP	NP	784
Lygaeidae	16	48	80	Vespidae	80	NP	NP
Mutillidae	112	320	NP	Opiliones	NP	NP	784

*NP= No presencia

La estimación de la diversidad intrínseca entre las comunidades bajo estudio se efectuó mediante el índice alfa-diversidad, es una forma sencilla de estimar el número o riqueza. La diversidad alfa es conocida como el número de especies a escala local; dentro del hábitat. En la comunidad El pegador presenta los valores más altos, con un incremento sostenido hasta alcanzar un índice de 2.9, lo que sugiere un ecosistema más diverso y posiblemente mejor conservado.

La comunidad Buena Vista muestra una tendencia ascendente, seguida de una ligera disminución, lo que podría indicar una perturbación reciente o una variación estacional. En el caso de Nueva Esperanza mantiene valores más bajos y estables, lo que podría reflejar una menor diversidad biológica o un ecosistema más homogéneo. Un índice alfa alto está asociado con una mayor resiliencia ecológica, mejor reciclaje de nutrientes y control biológico natural dentro del sistema productivo (Figura 17).

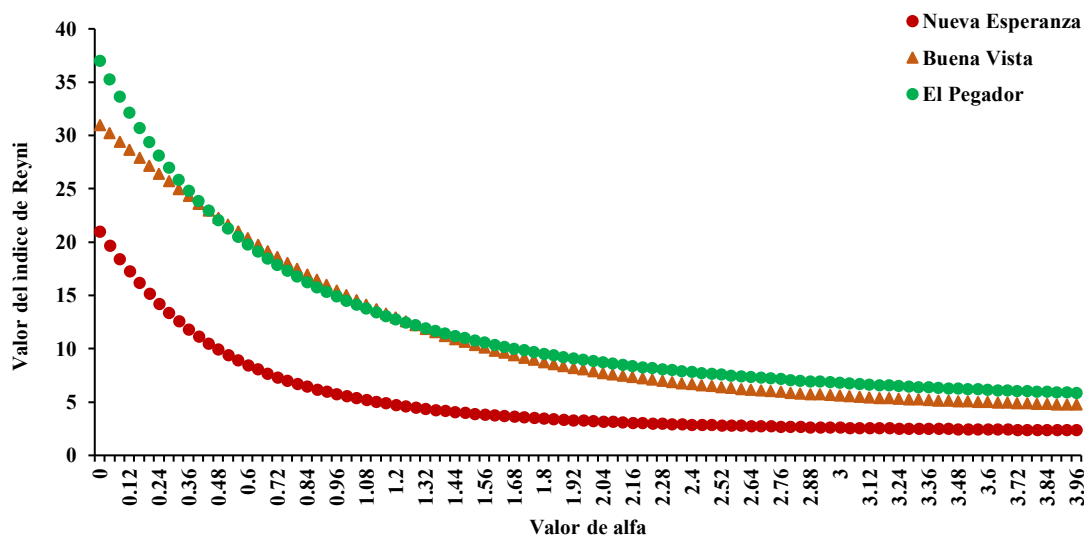


Figura 17. Índice alfa en función de la diversidad en el género de la macrobiota muestreada en tres comunidades de Las Sabanas, Madriz.

A partir del análisis de componentes principales realizado, se identificó que las propiedades edáficas inciden significativamente en la distribución y comportamiento de determinadas familias de macrofauna. En particular, se observó una asociación entre las familias *Noctuidae*, *Elateridae*, *Mutillidae*, *Buprestidae* y *Cercopidae* con sistemas productivos de café caracterizados por concentraciones elevadas de potasio (K), hierro (Fe), nitrógeno (N) y fósforo (P). Esta relación sugiere que dichos sistemas promueven condiciones favorables, como una mayor disponibilidad de hábitats y abundancia de materia orgánica, que facilitan la presencia y actividad de estas familias (Figura 18).

Estudio efectuado por Rodríguez Suarez et al. (2019), los suelos en donde los contenidos de fósforos y calcio son altos la abundancia de la vida es alta y diversa por la cantidad de material orgánico que se integra al sistema de producción. Este material orgánico ofrece ambiente favorable para los organismos para su oviposición, alimentación y refugio, principalmente para aquellos individuos que pertenecen a las familias *Scarabaeidae* y *Formicidae* (Scaglione et al., 2023)

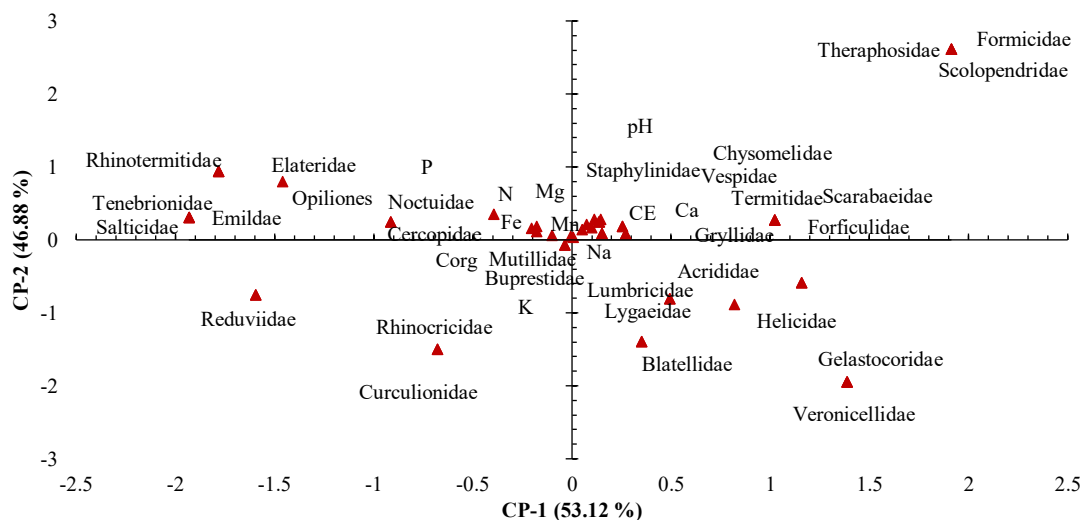


Figura 18. Asociación bidireccional de las familias de macrofauna y las propiedades químicas del suelo en los diferentes sistemas de producción de café en tres comunidades de Las Sabanas.

5.5. Aspectos económicos

Los sistemas de producción con mayores ingresos son F15, F14, F13 y F9, con valores cercanos a los 20 mil dólares americanos anualmente, asociando la cosecha por el precio de venta en campo, esto se asociado a una mayor área cultivada con café, diversificación de cultivos o acceso a mercados más rentables. En contraste, los sistemas como F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 y F10 presentan ingresos más bajos, lo que podría reflejar limitaciones en recursos, productividad o comercialización (Figura 19).

Estas fluctuaciones en los ingresos, obedece a diferentes factores entre los que se refleja el área establecida con cafeto. Además, resalta la necesidad de promover prácticas productivas que mejoren la rentabilidad de las unidades más vulnerables, como, asistencia técnica y fortalecimiento de cadenas de valor, resultados similares fueron publicados por Guzmán Luna et al. (2022) y Benavides González et al. (2021), en donde enfatizan que los precios son determinado por el comprador quien en muchas ocasiones compra la producción a precios bajos en los sistemas productivos y los vende a precios altos en los mercados departamentales o nacionales obteniendo ganancias hasta del 100 %.

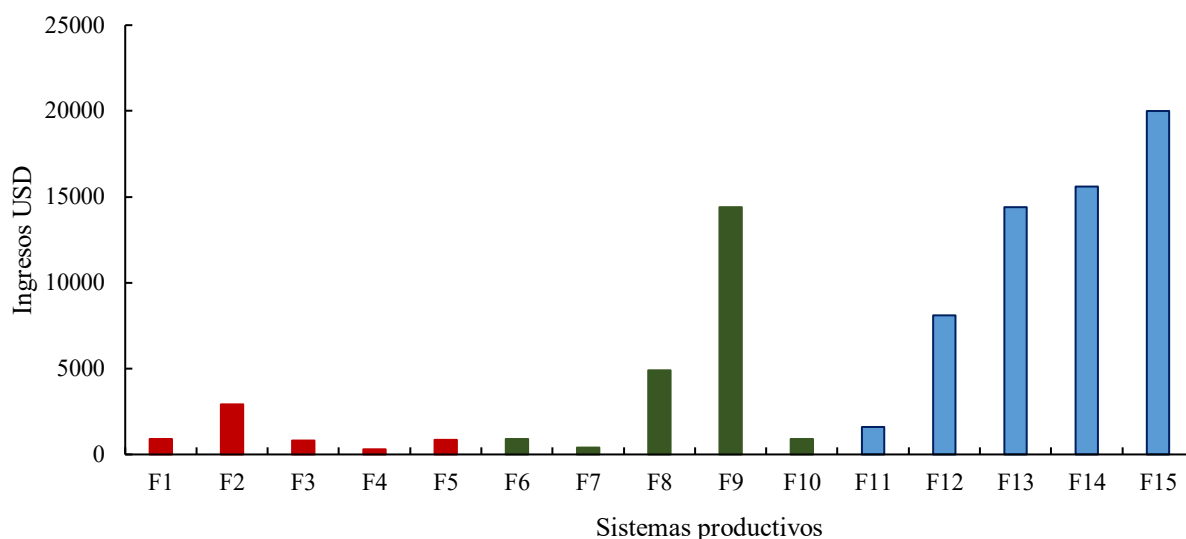


Figura 19. Ingresos expresados en los diferentes sistemas de producción de cafeto en tres comunidades de Las Sabanas.

Entre los precios de comercialización, se destaca la venta del café en tres presentaciones, café oro, Pergamino húmedo y pergamino seco. En la comunidad Buena Vista, la comercialización está equilibrada entre pergamino húmedo y pergamino seco (40 % cada uno), mientras que el café oro representa el 20 %. En El Pegador, predomina el pergamino húmedo (50 %), seguido por café oro (30 %) y pergamino seco (20 %). Sin embargo, en Nueva Esperanza, el café oro alcanza el mayor porcentaje (50 %), lo que sugiere un mayor valor agregado en el procesamiento del grano.

Estos datos reflejan diferencias en el nivel de transformación y acceso a mercados entre comunidades. La mayor proporción de café oro indica una mayor capacidad de beneficiado y comercialización directa, lo cual se traduce en mejores ingresos. En cambio, la venta en estado de pergamino (húmedo o seco) suele estar asociada a cadenas de valor más tradicionales y con menor margen de ganancia para el productor (Figura 20). Diversos autores detallan que el café es comercializado principalmente como café oro, llegando a obtener precios mayores a los 130 dólares americanos, seguido por el pergamino seco que es comprado en 120 dólares americanos (Morán-Centeno & Jiménez-Martínez, 2023; Siu-Palma & Morán-Centeno, 2025).

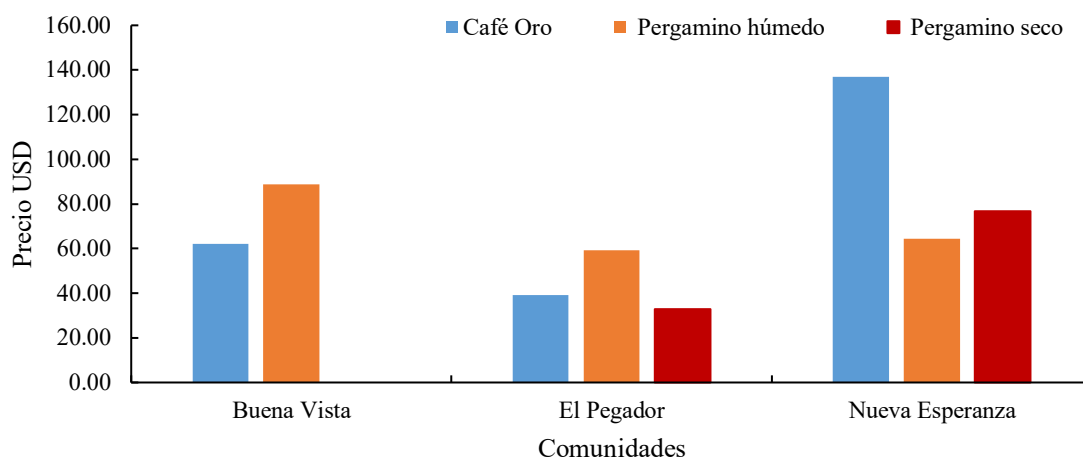


Figura 20. Precio de venta del café en tres diferentes presentaciones en tres comunidades de Las Sabanas.

5.6. Caracterización de puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de evaluación

A partir del análisis de las condiciones de los sistemas de producción y considerando los aspectos ambientales, sociales y económicos, se llevó a cabo una evaluación integral. Con base en esta información, se definieron los puntos críticos, centrando el análisis en las fortalezas y debilidades, ya que estos elementos son clave para impulsar o limitar el desarrollo del agroecosistema.

El Cuadro 8 se muestra la evaluación integral, se encontró que la mayoría de las fincas mantienen una buena cobertura del suelo, con valores superiores al 90 %, lo cual es positivo para la conservación de la humedad y la biota edáfica. Asimismo, el porcentaje de sombra es adecuado en la mayoría de los casos, favoreciendo el microclima del cafetal. Sin embargo, se identifican desafíos importantes, como la alta incidencia de plagas y enfermedades en varias fincas, lo que podría comprometer la productividad y calidad del cultivo.

El control de maleza se mantiene constante en todas las fincas, aunque con un valor medio. La diversidad vegetal es moderada, lo que indica cierto equilibrio ecológico. En conjunto, estos datos permiten identificar fincas con mejor desempeño general, lo cual es clave para orientar estrategias de manejo sostenible y transferencia de buenas prácticas hacia aquellas con indicadores más críticos. Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, (2023), publicaron que el manejo de los cafetales en áreas protegidas empleando prácticas como la poda y uso de cultivo de cobertura favorece la vida del suelo por encima y por debajo de la superficie, así mismo, indican que la incidencia de plagas y enfermedades obedece a la baja tecnificación y poca capacitación de los productores.

Así mismo, López, (2023), reportó que la diversidad de especies arbóreas, aportando beneficios a la salud del cultivo, la fertilidad del suelo y biota presente, por otro lado, Morán-Centeno, (2025), publicó que el manejo de la cobertura vegetal además de aportar materia orgánica al suelo crea condiciones desfavorables para las enfermedades foliares que afecta la planta de café.

Cuadro 8. Valores de los indicadores evaluados en los sistemas de producción de café

Indicador	Sistemas evaluados														
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
Riesgo de abandono de la plantación	3	3	5	2	3	4	4	4	3	3	3	5	4	2	3
Sombra (%)	4	4	3	4	4	4	5	3	3	4	5	5	5	4	4
incidencia de enfermedades (%)	4	3	4	5	5	4	2	4	3	3	4	3	4	3	5
Incidencia de plagas (%)	5	4	5	5	5	4	3	5	4	5	4	3	3	4	4
Diversidad vegetal	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4
Control de maleza	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fertilidad del suelo															
N-total (%)	0.31	0.39	0.59	0.44	0.37	0.37	0.45	0.48	0.38	0.44	0.44	0.36	0.42	0.52	0.65
P (ppm)	2.0	3.4	3.8	0.2	0.1	1.1	5.6	0.1	0.4	1.2	3.6	0.2	0.1	1.1	5.6
K (meq)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	0.0
Cobertura del suelo (%)	65.0	99.3	90.6	96.7	95.4	96.7	97.7	90.7	98.7	91.2	90.0	99.3	90.6	96.7	95.4

El estudio de los sistemas productivos de café constituye una herramienta clave para la toma de decisiones agronómicas y fitosanitarias más precisas y eficaces. Este análisis no solo considera aspectos técnicos del cultivo, sino que también integra las características sociales y económicas de las familias productoras y sus comunidades, lo que permite una comprensión más integral del sistema. Comprender estos procesos es esencial para generar información confiable que oriente la implementación de estrategias sostenibles, con el objetivo de mejorar tanto la productividad como la conservación de los recursos naturales. La caracterización detallada de los sistemas permite clasificar los procesos productivos en función de su grado de intensificación, el tipo y cantidad de insumos utilizados, las prácticas de manejo del suelo y la biodiversidad asociada.

Esta clasificación facilita la identificación de fortalezas y limitaciones específicas en cada contexto productivo, lo que a su vez permite diseñar intervenciones más pertinentes y adaptadas a las condiciones locales. Además, el análisis de estos sistemas contribuye a fomentar prácticas agroecológicas que fortalecen la resiliencia frente a los efectos del cambio climático y promueven la sostenibilidad a largo plazo.

VI. CONCLUSIONES

Los sistemas productivos de café en las comunidades, predomina la agricultura, a pequeña escala y una vinculación con prácticas tradicionales. Entre las fortalezas destacan la diversidad arbórea, la cobertura del suelo, la calidad del grano producido y la integración familiar en las labores agrícolas. Entre las debilidades se identificó la baja tecnificación, el limitado acceso a información de mercado, la transformación del producto, y la vulnerabilidad frente a plagas, enfermedades y fenómenos climáticos.

La aplicación del marco MESMIS permitió evaluar de forma integral los sistemas cafetaleros, se evidenció un manejo agroecológico con prácticas como curvas a nivel, compostaje y manejo de sombra, que favorecen la conservación del suelo y la biodiversidad.

La evaluación de la macrofauna edáfica reveló una alta diversidad y abundancia en comunidades como Nueva Esperanza, lo cual refleja una buena salud del suelo y un manejo adecuado de la materia orgánica. La presencia de grupos como coleópteros, lombrices y hormigas indica un ecosistema funcional y resiliente, directamente influenciado por prácticas agroecológicas que promueven la fertilidad y estabilidad del agroecosistema.

VII. RECOMENDACIONES

Es fundamental implementar programas de formación continua para los productores, enfocados en el manejo agroecológico del cafeto, control de plagas y enfermedades, y técnicas de transformación del grano. Además, se recomienda facilitar el acceso a información actualizada sobre precios y vías de comercialización para mejorar la toma de decisiones y la rentabilidad.

Incentivar la diversificación de cultivos asociados al cafetal y fomentar la transformación del café en origen, puede aumentar los ingresos y reducir la dependencia de intermediarios. Esto requiere apoyo en infraestructura, equipamiento y asistencia técnica para el beneficiado y comercialización directa.

Continuar y ampliar el uso de prácticas como el compostaje, la cobertura vegetal, el manejo de sombra y la conservación de la diversidad arbórea. Estas acciones no solo mejoran la fertilidad del suelo y la resiliencia del sistema, sino que también fortalecen la presencia de macrofauna edáfica, indicador clave de sostenibilidad agroecológica.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta-Alba, I., Boissy, J., Chia, E., & Andrieu, N. (2019). Integrating diversity of smallholder coffee cropping systems in environmental analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 252-266. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01689-5>.
- Alcaldía de las Sabanas. (2007). Tepec Xomolth La Patasta. Dirección de Catastro. En Power Point.
- Alcántara, I., Franco, M., & Tlatelpa, M. (2024). Traditional knowledge in an agroforestry system and perspectives about agroecological practices in Nahua communities. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i11.2844>.
- Arnés, M. A. E. (2018). Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1420>
- Ávila-Bello, C., Hernández-Romero, Á., Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D., Martínez-Jerónimo, A., Meneses-García, B., & Sánchez-Sandoval, X. (2023). Design of complex agroecosystems: traditional and formal knowledge to conserve agrobiodiversity in the Santa Marta Mountains, Veracruz, México. *Environment, Development and Sustainability*, 1-33. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03002-9>.
- Benavides González, Á., Flores, M. E., Bacon, C. M., Duarte Canales, H., y Rivas, A. M. (2021). Caracterización de sistemas de producción en comunidades rurales de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, zona central norte de Nicaragua. *La Calera*, 21(37), 124-137. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.13069>
- Bento, N., Ferraz, G., Barata, R., Soares, D., Santos, L., Santana, L., Ferraz, P., Conti, L., & Palchetti, E. (2022). Characterization of Recently Planted Coffee Cultivars from Vegetation Indices Obtained by a Remotely Piloted Aircraft System. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14031446>.
- Cabrera Dávila, G. (2017). Rectificaciones a la lista taxonómica de la macrofauna del suelo en bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba. *Acta Botánica Cubana*, 216(3), 123-126. <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/194>
- Cabrera Dávila, G. de la C., & López Iborra, Germán M. (2018). Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque (Valdivia)*, 39(3), 363-373. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>
- Castillo-Trejo, E. Y., Flota-Bañuelos, C., Alcudia-Pérez, J., Fraire-Cordero, S., Rosales-Martínez, V., & Quej-Chí, V. H. (2023). Macrofauna edáfica y calidad del suelo en agroecosistemas agrícolas y pecuarios de Campeche. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(3), 413-424. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3108>
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Biblioteca electrónica de la uni- versidad Nacional de Colombia.
- Dávila, M., Pantaleó, A., Espinoza, O., Bueloth, M., & Becerra, E. (2023). Characterization of Coffee Production and the Level of Income of the Farmer in the Amazonas Region. *International Journal of Professional Business Review*. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i9.3692>.

- de Souza, R. T. M., Martins, S. R., & Verona, L. A. F. (2017). A metodologia MESMIS como instrumento de gestão ambiental em agroecossistemas no contexto da Rede CONSAGRO. *Agricultura familiar: pesquisa, formação e desenvolvimento*, 11(1), 39-56. <http://dx.doi.org/10.18542/raf.v11i1.4676>
- Delgado Rostrán, F. D. (2016). Características sociales, edáficas, diversidad florística arbórea en Unidades Familiares de Producción (UFP) en la comunidad Buena Vista, municipio de Las Sabanas, Madriz, 2015-2016 (Dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/3435/1/tnk10d352.pdf>
- Durand-Bessart, C., Tixier, P., Quinteros, A., Andreotti, F., Rapidel, B., Tauvel, C. & Allinne, C. (2020). "Analysis of interactions amongst shade trees, coffee foliar diseases and coffee yield in multistrata agroforestry systems". *Crop Protection*, 133, 105137. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105137>
- García-Domínguez UJ., Villegas-Aparicio Y., Duran-Medina E., Carrillo-Rodríguez CJ., Sangerman-Jarquín DMA., & Castañeda-Hidalgo E. (2021). Descripción y análisis de productores de café en la región Mixe, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12: 1235-1247. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2781>
- Gasperín-García, E. M., Platas-Rosado, D. E., Zetina-Córdoba, P., Vilaboa-Arróniz, J., y Dávila, F. M. (2023). Calidad de vida de los cafeticultores en las Altas Montañas de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 50163. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50163>
- Guzmán Luna, A., Bacon, C. M., Méndez, V. E., Flores Gómez, M. E., Anderzén, J., Mier y Terán Giménez Cacho, M., Hernández Jonapá, R., Rivas, M., Duarte Canales, H. A., & Benavides González, Á. N. (2022) *Toward food sovereignty: Transformative agroecology and participatory action research with coffee smallholder cooperatives in Mexico and Nicaragua. Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 810840. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.810840>
- IBM Corp. (2010). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 19.0). IBM Corp.
- Jaramillo-Villanueva. J.L., Guerrero-Carrera. J., Vargas-López, S., Bustamante-González, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): 1-13. DOI:10.19136/era.a9n1.3170.
- Júnior, P., Moreira, B., Da Silva, M., Veloso, T., Stürmer, S., Fernandes, R., Mendonça, E., & Kasuya, M. (2019). Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. *PLoS ONE*, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209093>
- Larios-González, R., Salmerón-Miranda, F., & García-Centeno, L. (2016). Fertilidad del suelo con prácticas agroecológicas y manejo convencional en el cultivo de café. *La Calera*, 14(22): 65-75. <https://doi.org/10.5377/CALERA.V14I23.2660>.
- Leguizamo-Sotelo G., Salgado-Siclán, M.L., Rubí Arriaga., M. (2023c). Aspectos sociodemográficos, económicos, agronómicos y culturales de los cafeticultores del municipio de Sultepec, Estado de México. *Acta Agrícola y Pecuaria* 9(1): 1-13. <https://doi.org/10.30973/aap/2023.9.0091015>
- Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (*Coffea arabica* L.), en Amatepec, Estado de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(1). <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840>

- Lima, D., Menéndez-Rivero, Y. I., & Sánchez-Rendón, J. A. (2017). Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 118-126. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1948>
- López Pineda, J. A. (2023). Comparación de resiliencia en sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.), en tres departamentos del norte de Nicaragua, 2018-2019 (Dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/4701/1/tnf011864cr.pdf>
- Masera, O., Astier, M., López-Ridaura, S., Galván-Miyoshi, Y., Ortíz-Avila, T., García-Barrios, L., ... & Speelman, E. (2008). El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*.
- Mejía, V. B., Garmendia, Y., Pineda, K. V., García, J. A., & Molina, J. R. (2022). Efectos del Cambio climático en Centroamérica. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(16), 2018-2044.
- Ministerio Agropecuario [MAG]. (2023). Ciclo Agrícola 2022/2023 estos son los avances de la cosecha cafetalera en Nicaragua. Ministerio Agropecuario de Nicaragua. Disponible en <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=53:cosecha-cafetalera-reporta-un-avance-del-63-en-el-ciclo-2022-2023&catid=11>
- Morán Centeno, J. C. (2025). Incidencia de *Hemileia vastatrix*, en sistemas productivos de *Coffea arabica*, Tepec-Xomolth La Patasta, Nicaragua, 2023. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 15(1), 50–63. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v15i1.20501>
- Morán Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1), e4402. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Morán Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2024). Macrofauna edáfica en agroecosistemas de *Coffea arabica* L., en Tepec-Xomolth, Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1), 57626. <https://dx.doi.org/10.15517/am.2024.57626>
- Nicholls, C. I; Altieri, M. A. (2013). Agroecología y Cambio Climático Metodologías para Evaluar la Resiliencia Socio-ecológica en Comunidades Rurales. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8 (1): 7–20.
- Nicholls, C. I; Altieri, M. A; Henao, A; Montalba, R; Talavera E. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. 1 ed. REDAGRES. Lima, Peru. 61 p.
- Peña, V., Garcés, A., De Melo Virginio Filho, E., & Sánchez, M. (2024). Growth and Productivity of *Coffea arabica* var. Esperanza L4A5 in Different Agroforestry Systems in the Caribbean Region of Costa Rica. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101723>.
- Quiroz-Medina, C. R., & Bárcenas-Lanzas, M. J. (2023). Caracterización y manejo del grado de complejidad de los componentes y biodiversidad y su efecto en las arvenses y macrofauna edáfica de tres fincas integrales en el occidente de Nicaragua. *Ecosistemas*, 32(3), Artículo 2591. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2591>

- Ramírez, D., Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Efectos del cambio climático sobre la agricultura. *CEPAL, México*.
https://www.researchgate.net/profile/Juan-Ordaz/publication/269632993_BELICE_EFECTOS_DEL_CAMBIO_CLIMATICO_SOBRE_LA_AGRICULTURA/links/549075360cf214269f26765e/BELICE-EFECTOS-DEL-CAMBIO-CLIMATICO-SOBRE-LA-AGRICULTURA.pdf
- Rodríguez Suárez, L., Cuarán Pinto, S. P., & Suárez Salazar, J. C. (2019). Soil macrofauna and edaphic properties in coffee production systems in Southern Colombia. *Floresta e Ambiente, 26(3)*, Article e20180334. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.033418>
- Rojas-Ruiz, R., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Carbonell Torres, E., Castro-Cepero, V., y Julca-Otiniano, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café convencional y orgánico en el valle del Alto Mayo, región San Martín, Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 7(2)*, 100-111. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200013&lng=es&tlng=es.
- Ruíz, M. A. (2019). Caracterización de 170 unidades de producción con enfoque agroecológico en nueve municipios del norte de Nicaragua. 2017-2018 (Dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/3907/1/tne90r934.pdf>
- Salazar Hatcher, R. A., y Jiménez-Martínez, E. S. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en Boaco, Nicaragua. *Wani, 38(77)*, 25-38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Sarandón, S., y Flores, C. (2009). AGROECOLOGÍA: Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica (en línea). La Plata, D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 4: 19-28 p. Consultado 25 marzo. 2022. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/28.pdf.
- Sarandón, S., y Flores, C. (2014). AGROECOLOGÍA: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables (en línea). La Plata, D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 466 p. Consultado 25 nov. 2018. <http://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/05/Libro-de-Agorecolog%C3%ADa-Santiago-Sarand%C3%B3n-2014.pdf>
- Scaglione, J., Montico, S., & Montero, G. (2023). Efectos a corto plazo de los cultivos de cobertura sobre propiedades y macrofauna del suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 10(2)*, Article e3645. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3645>
- Scaglione, J., Montico, S., & Montero, G. (2023). Efectos a corto plazo de los cultivos de cobertura sobre propiedades y macrofauna del suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 10(2)*, Article e3645. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3645>
- Silva, L. M. S., Resque, A. G. L., Feitosa, L. L., Nogueira, A. C. N., & de Carvalho, J. P. L. (2017). Espaço amazônico e estado de sustentabilidade de lógicas familiares de produção: adaptações e uso do MESMIS no caso do estado do Pará. *Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento, 11(1)*, 57-70. <http://dx.doi.org/10.18542/raf.v11i1.4677>
- Siu Palma, S. D., & Morán Centeno, J. C. (2025). Análisis del sistema de producción de cafeto (*Coffea arabica* L.), comunidad La Providencia, municipio de Jalapa, Nicaragua, 2024. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo, 15(1)*, 200–214. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v15i1.20609>

- Siu Palma, S. D., Jiménez-Martínez, E. S., & Morán Centeno, J. C. (2023). Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arabica* L., Jalapa, Nicaragua. *Siembra*, 10(2), Artículo e5306. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>
- Villavicencio-Enríquez, L. (2013). Agroforestry characterization in traditional and rustic coffee systems in San Miguel, Veracruz, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 19, 67-80. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2011.09.062>.
- Zhang, Y., Peng, S., Chen, X., & Chen, H. Y. (2022). Plant diversity increases the abundance and diversity of soil fauna: a meta- analysis. *Geoderma*, 411, Article 115694. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115694>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta empleada en los sistemas de producción de café.

Datos generales

1. Fecha

1.1. Número de boleta: _____

1.2. Comunidad: _____

2. Nombre del encuestador:

3. Lugar de aplicación de la encuesta

1 Casa del productor

5 otros

2 Parcela

6 ¿Cuál?

3 Cooperativas

4 Cercanías a la propiedad

4. Nombre del productor/Encuestado

5. Género del encuestado

1 Masculino

2 Femenino

6. Teléfono

7. Número de cedula

8. Cuenta con infraestructura de eliminación de excreta

1 Inodoro conectado a alcantarillado

2 Inodoro con pozo séptico

3 Inodoro con descarga al río, mar, laguna

4 Letrina con cierre hidráulico

5 Letrina abonera

6 Otros

¿Cuál?

Coordenadas de la propiedad (UTM)

1.3. Latitud

1.4. Longitud

1.5. Altitud (msnm)

9. ¿Qué tipo de combustible se utiliza principalmente en su hogar?

1 Electricidad

2 Gas licuado o petrogas/gas natural

3 Biogás

4 Kerosene

5 Carbón vegetal

6 Leña/paja

7 Otros

¿Cuál?

10. ¿Tiene acceso al servicio de agua potable en este hogar?

1 Si

2 No

11. ¿Tiene acceso al servicio de energía eléctrica en este hogar?

1 Si

2 No

17. Sobre que temática ha sido capacitado

- 1 Medidas de adaptación al cambio climático
 - 2 Capacitación sobre equidad de género
 - 3 Capacitación sobre medidas de comercio
 - 4 Percepción del cambio climático
 - 5 Otros
- ¿Cuál? _____

18. Tiene obras de captación de agua

- 1 Si
- 2 No

19. Esta infraestructura es:

- 1 De uso Individual
- 2 De uso Colectivo (comunitario)
- 3 Ambos

20. Para que utilice el agua obtenida en la obra de captación de agua

- 1 Uso domestico
 - 2 Uso agrícola
 - 3 Uso pecuario
 - 4 Otros
- ¿Cuál?

21. Cuantos años tiene de cultivar esta parcela

22. ¿Cuántas manzanas?

_____ (Mz)

23. ¿Qué cultivos tiene en su parcela (además de café)

- 1 Solamente Café
- 2 Granos básicos
- 3 Tubérculos (papa, yuca, camote, etc)
- 4 Flores
- 5 Forestales
- 6 Frutales
- 7 Musáceas
- 8 Pasto
- 9 Otros

Información de granos básicos

Rubro	Área cultivada	Época de siembra	Rendimiento (qq)	Cantidad destinada para el consumo familiar (qq)	Cantidad destinada para la venta (qq)	Ingreso obtenido (C\$)
Maíz						
Frijol						
Sorgo						
Arroz						

Información sobre el cultivo de café

24. En los últimos seis años cosecharon café

- 1 Solo café
- 2 Asociado con Musaceas
- 3 Asociado con frutales
- 4 Asociado con cultivos anuales
- 5 Otros

25. Especie y Variedad de café disponible en la finca

- 1 Arábica
- 2 Bourbon amarillo
- 3 Bourbon rojo
- 4 Catimor
- 5 Catuai amarillo
- 6 Catuai rojo
- 7 Caturra
- 8 Maracatú
- 9 Maragogype
- 10 Pacamara
- 12 Pacas
- 13 Robusta
- 14 Villa Sarchi
- 15 Lempira
- 16 Otras

¿Cuál?

26. ¿Las plantas fueron producidas de su propio vivero o vivero comunitario?

- 1 Si
- 2 No

27. Distancia de siembra del café entre surco _____(cm) y entre planta _____(cm)

28. ¿Cuánta es el área plantada con Café?

_____ (Manzanas)

29. ¿Cuántos metros sobre el nivel del mar se encuentra plantado su café?

_____ (msnm)

30. ¿Qué cantidad de café cosecho en el ciclo pasado?

_____ (Quintales)

31. De lo cosechado ¿Qué cantidad de café vendió del ciclo pasado en total?

_____ (Quintales)

32. ¿Cuál era el precio promedio de venta por quintal de café?

1 Café oro _____ (C\$)

2 Pergamino _____ (C\$)

3 Procesado _____ (C\$)

4 Café Uva _____ (C\$)

33. ¿A quién le vendió la mayor parte del café en la última cosecha?

1 Directo al consumidor

2 Intermediarios (Informal)

3 Organización de productores

4 Exportador

5 Directo al exportador

6 Otros

¿Cuál?

34. En los últimos 12 meses ¿Ha utilizado en su plantación de café lo siguiente?

1 Formula

2 Fertilizantes orgánicos (Abono verdes o compost)

3 Foliares

4 Plaguicidas

5 Funguicidas

6 Herbicidas

7 Otros

¿Cuál?

35. ¿Qué cantidad de formula utilizo por manzana de café en el último año?

_____ (Quintales)

36. ¿Utiliza abono orgánico en el cultivo de café?

- 1 Compost
- 2 Abono orgánico (Incorporación de materia orgánica)
- 3 Bocashi
- 4 Lombriz humus
- 5 Otros

¿Cuál?

37. ¿Cuánto utilizo de abono orgánico por manzana de café en el último año?

_____ (Quintales)

38. El abono orgánico se compra o se elabora en la finca

- 1 Se compra
- 2 Lo produce en la finca

39. ¿Qué cantidad de plaguicida utilizó en el café por manzana en el último año?

_____ (litros)

40. ¿Cómo controla las malezas en el último año?

- 1 Cultural
- 2 Mecánico
- 3 Químico
- 4 Biológico

41. Indique si utiliza las siguientes prácticas en el área de café.

- 1 Curvas a nivel
- 2 Terrazas
- 3 Cultivos de coberturas
- 4 Barreras vivas
- 5 Barreras muertas
- 6 Abono verde
- 7 Compostaje (Incorporación de M.O)
- 8 Manejo de plagas
- 9 Manejo de sombra
- 10 Poda de formación
- 12 Poda sanitaria
- 13 Poda de mantenimiento
- 14 Injertación
- 15 Resiembra
- 16 Pepena
- 17 Otras
- 18 Cercas vivas
- 19 Diques
- 20 Hojarasca (Mulch)
- 21 Cultivos asociados al café (frutales y Musáceas)
- 22 Ahorro de leña

42. ¿Cuál ha sido la contribución de estas prácticas en su área de producción?

- 1 Adaptación ante el cambio climático
- 2 Mejorar la producción de café
- 3 Incrementar la fertilidad del suelo
- 4 Control de plagas
- 5 Aprovechamiento del área de café
- 6 Mejorar la calidad de vida
- 7 Otras
- 8 Mejorar calidad de fuentes de agua
- 9 Reducción de la prevalencia de plagas y enfermedades

43. Emplea esta tecnología en su plantación de café

- 1 Riego por gravedad
- 2 Riego por aspersión
- 3 Riego por goteo
- 4 Bomba de mochila sin motor
- 5 Bomba de mochila con motor
- 6 Otros

¿Cuál?

44. ¿Cuál es la principal vía de acceso para sacar la producción agrícola a los puntos de venta?

- 1 Carretera pavimentada
- 2 Carretera de tierra todo el tiempo
- 3 Carretera de tierra solo en verano
- 4 Camino de herradura
- 5 Vereda
- 6 Mar o Rio
- 7 Otras

¿Cuál?

Anexo 2. Vivero de especies forestales, que se emplean en los sistemas de producción de cafeto en Las Sabanas.



Anexo 3. Materiales e insumos empleado en la elaboración de fertilizantes orgánicos líquidos en sistemas de producción de café en Las Sabanas.



Anexo 4. Problemas fitosanitarios en el cultivo del Café (*Coffea arabica* L), en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.



Anexo 5. Problemas fitosanitarios en el cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris* L), en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.



Anexo 6. Principales problemas encontrados en el Aguacate, en las comunidades de Las Sabanas, Madriz.

