



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**INDICADORES FLORÍSTICOS Y EDÁFICOS PARA EL
DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO DEL SUELO EN EL
AGROECOSISTEMA DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO-
SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Luis Fernando Osorio Panimboza

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**INDICADORES FLORÍSTICOS Y EDÁFICOS PARA EL
DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO DEL SUELO EN EL
AGROECOSISTEMA DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO-
SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Luis Fernando Osorio Panimboza

Tutora: Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, PhD.

LA LIBERTAD, DICIEMBRE 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **LUIS FERNANDO OSORIO PANIMBOZA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 08/12/2025.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
LENNI CRISOL RAMIREZ FLORES

Ing. Lenny Ramirez Flores, MSc.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
MERCEDES POLA ARZUBE MAYORGA

Ing. Mercedes Arzube Mayorga, MSc
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
NADIA ROSAURA QUEVEDO PINOS

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, PhD.
**PROFESORA TUTORA MIEMBRO
DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
NADIA ROSAURA QUEVEDO PINOS

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, PhD.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
WASHINGTON VIDAL PERERO VERA

Ing. Washington Perero Vera, MSc.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme salud, fuerza y conocimiento para poder llegar al paso final de mi etapa universitaria.

A mi docente tutora Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos, PhD por su guía y sabiduría durante el proceso de la realización del trabajo de integración curricular. A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por formarme académicamente y enriquecerme en conocimiento para poder nutrir mi perfil profesional.

Por último, a mis abuelos, padres y novia por apoyarme durante todo el tiempo de mi carrera universitaria.

Luis Fernando Osorio Panimboza

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis abuelos por estar a mi lado en cada momento, que con su apoyo, paciencia y amor incondicional, me motivaron para seguir en mi camino universitario.

A mi papá, por el sacrificio de madrugar y trasladarme hacia el paradero de buses y viajar hacia la facultad de Ciencias Agrarias.

A mi mamá, que con sus enseñanzas y amor eterno, inspiró y alimentó el hambre de superarme y lograr todo lo que me planteé.

A mi novia Fabiana Posada, por su apoyo y compañía indispensable brindado durante todo mi trayecto en la carrera, por su comprensión y ayuda en momentos difíciles de estudio.

Luis Fernando Osorio Panimboza

RESUMEN

El estudio se desarrolló con el propósito de analizar la cobertura y la composición florística como indicadores del estado de salud del suelo en un agroecosistema ubicado en el Centro de Apoyo Manglaralto, provincia de Santa Elena, durante la estación seca. La investigación respondió a la necesidad de comprender cómo la diversidad vegetal se relaciona con las propiedades edáficas y con el funcionamiento ecológico de sistemas agrícolas en zonas semiáridas. Se establecieron parcelas permanentes en las que se cuantificó la cobertura vegetal y se realizaron inventarios florísticos para calcular los índices de diversidad de Shannon, Simpson y equitatividad. De manera complementaria, se recolectaron muestras de suelo a 20 cm de profundidad con el fin de determinar parámetros físico-químicos como densidad aparente, humedad gravimétrica, pH y porcentaje de materia orgánica. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre parcelas, tanto en la composición vegetal como en las propiedades del suelo. Las áreas con mayor cobertura presentaron menor densidad aparente y valores superiores de materia orgánica, lo que reflejó una estructura más estable y adecuada aireación. En contraste, las parcelas con baja cobertura mostraron compactación más alta y menor retención de humedad. Además, los índices de diversidad revelaron comunidades vegetales moderadamente equilibradas, en las cuales la calidad del suelo se correlacionó positivamente con la riqueza y equidad de especies. Se concluye que la cobertura y la diversidad vegetal constituyen indicadores ecológicos sensibles del estado del suelo y herramientas clave para el monitoreo participativo y el manejo sostenible de agroecosistemas en condiciones de sequía estacional.

Palabras claves: Diversidad vegetal; Indicadores ecológicos; Gestión sostenible; Zonas semiáridas;

ABSTRACT

The study was conducted with the purpose of analyzing plant cover and floristic composition as indicators of soil health in an agroecosystem located at the Manglaralto Support Center, Santa Elena Province, during the dry season. The research addressed the need to understand how plant diversity relates to edaphic properties and to the ecological functioning of agricultural systems in semi-arid regions. Permanent plots were established to quantify vegetation cover and to conduct floristic inventories used to calculate Shannon, Simpson, and evenness diversity indices. Additionally, soil samples were collected at a depth of 20 cm to determine physicochemical parameters such as bulk density, gravimetric moisture, pH, and organic matter content. The results showed significant differences among plots, both in plant composition and in soil properties. Areas with higher vegetation cover exhibited lower bulk density and higher organic matter content, reflecting a more stable soil structure and better aeration. In contrast, plots with lower cover presented greater compaction and reduced moisture retention. Furthermore, diversity indices indicated moderately balanced plant communities in which soil quality was positively correlated with species richness and evenness. It is concluded that vegetation cover and plant diversity represent sensitive ecological indicators of soil health and constitute key tools for participatory monitoring and sustainable management of agroecosystems under seasonal drought conditions.

Keywords: Plant diversity; Ecological indicators; Sustainable management; Semi-arid zones;

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**INDICADORES FLORÍSTICOS Y EDÁFICOS PARA EL DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO DEL SUELO EN EL AGROECOSISTEMA DEL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO-SANTA ELENA**” elaborado por **LUIS FERNANDO OSORIO PANIMBOZA** declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



**Luis Fernando
Osorio Panimboza**



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA CIENTÍFICO	1
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
OBJETIVOS.....	3
OBJETIVO GENERAL:	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 EL AGROECOSISTEMA COMO UNIDAD DE ESTUDIO	4
1.2 DEFINICIÓN DE AGROECOSISTEMA.....	5
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGROECOSISTEMAS EN ZONAS SEMIÁRIDAS.....	5
1.4 COMPONENTES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS.....	6
1.4.1. Factores bióticos.....	6
1.4.2. Factores abióticos	7
1.5 CONCEPTO DE VEGETACIÓN ESPONTÁNEA Y SU IMPORTANCIA ECOLÓGICA	8
1.6 FUNCIONES ECOLÓGICAS: COBERTURA DEL SUELO, RECICLAJE DE NUTRIENTES, REGULACIÓN MICROCLIMÁTICA	9
1.7 ESPECIES INDICADORAS Y SU ROL EN EL DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO	10
1.8 POTENCIAL FORRAJERO, ALELOPÁTICO O POLINIZADOR DE ESPECIES ESPONTÁNEAS...10	
1.9 COBERTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.....	11
1.10 SALUD DE SUELO	15
1.11 INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	17
1.11.1 RELACIÓN SUELO–COBERTURA VEGETAL COMO CRITERIO DE CALIDAD AGROECOLÓGICA	17
1.12 INTERACCIONES VEGETACIÓN–SUELO	18
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	20
2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA	20
2.2.1. Temperatura	20
2.2.2. Precipitación.....	20
2.2.3. Particularidades Físicas y Químicas del suelo del suelo en el Centro de Apoyo UPSE Manglaralto.....	21

2.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	21
2.4. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	22
2.5. UBICACIÓN DE PARCELAS PERMANENTES	22
2.6. LEVANTAMIENTO FLORÍSTICO	23
2.7. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE ESPECIES PREDOMINANTES COMO BIOINDICADORAS DEL ESTADO DEL SUELO.....	24
2.8. MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO	24
2.9. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	25
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES.....	37
RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	38
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos físicos y químicos del suelo.....	21
Tabla 2 Propiedades físico-químicas del suelo por parcela.....	26
Tabla 3 Inventario florístico y presencia por parcela.....	28
Tabla 4 Cálculo de índices de biodiversidad	29
Tabla 5 R de Pearson	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Inducción de compuestos aleloquímicos por estreses ambientales	11
Figura 2 Centro de Apoyo Manglaralto UPSE	20
Figura 3 Distribución de parcelas	23
Figura 4 Análisis de Componentes Principales	32
Figura 5 Curva de rarefacción	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Recolección de muestras.....	42
Anexo 2 Toma de coordenadas	42
Anexo 3 Toma de pH.....	42
Anexo 4 <i>Microstegium Vimineun</i>	42
Anexo 5 <i>Alternanthera Polygonoides</i>	43
Anexo 6 <i>Panicum Máximum</i>	43
Anexo 7 Lugar de toma de parcelas	43

INTRODUCCIÓN

El bienestar del suelo es un elemento crucial para la sostenibilidad de los agroecosistemas, dado que define su habilidad para preservar la productividad, preservar la biodiversidad y regular los ciclos biogeoquímicos. En este escenario, el estudio de la cobertura vegetal y la composición de las flores se ha transformado en un instrumento esencial para valorar el estado funcional y ecológico del suelo, particularmente en zonas con condiciones climáticas caracterizadas por la estacionalidad. Estos indicadores ayudan a detectar procesos de degradación o recuperación del suelo y también a establecer conexiones entre la diversidad vegetal y la gestión agronómica implementada (Doran & Zeiss, 2000).

Durante la estación seca, los agroecosistemas enfrentan condiciones de estrés hídrico que afectan directamente el comportamiento de las plantas y los microorganismos del suelo. En zonas costeras de Ecuador, como el Centro de Apoyo Manglaralto, estas situaciones son particularmente importantes porque impactan la regeneración natural, la cobertura del suelo y la capacidad del sistema para resistir a la erosión y conservar la humedad. El análisis de la vegetación herbácea, arbustiva y, en cierta medida, arbórea facilita la comprensión no solo de la composición florística presente, sino también de los procesos ecológicos actuales y la reacción del agroecosistema ante las condiciones ambientales desfavorable (Berdugo & Rangel, 2015).

En este contexto, el propósito de este estudio fue describir y examinar la cobertura y composición florística de un agroecosistema situado en el Centro de Apoyo Manglaralto, con el objetivo de emplearlas como indicadores de salud del suelo durante la estación seca. La cobertura de vegetación funciona como un escudo natural que resguarda la superficie del suelo frente a la radiación solar directa y el efecto de las gotas de agua, disminuye la disminución de humedad, potencia la infiltración y restringe la erosión superficial. Además, la variedad y la existencia de ciertas especies de vegetación permiten deducir la calidad del hábitat ecológico, la fertilidad existente y el pasado uso del suelo (Carlosama & Mora, 2014).

La región analizada se caracteriza por su clima árido tropical, su suelo de textura franco-arenosa y una vegetación nativa que es modificada por los cultivos y los prados. La identificación de las especies presentes y el análisis de su número y distribución brindará información valiosa para establecer el nivel de intervención en el agroecosistema y desarrollar estrategias para una gestión sostenible. Esto busca contribuir al monitoreo

ecológico de la región, y a la vez promover prácticas agroecológicas que fomenten la resistencia del suelo y conserven su biodiversidad funcional.

Problema Científico

En los agroecosistemas semiáridos del litoral ecuatoriano, los procesos de degradación del suelo asociados a la escasa cobertura vegetal y a prácticas agrícolas inadecuadas reducen su capacidad productiva y ecológica. Sin embargo, la relación entre la diversidad florística espontánea y los indicadores físico-químicos del suelo aún no ha sido analizada de manera integrada para su uso como herramienta de diagnóstico participativo.

¿Cómo se relacionan los indicadores florísticos y las propiedades edáficas en la evaluación de la calidad agroecológica del suelo en el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto?

Justificación de la investigación

La investigación de la cobertura vegetal y la composición de las flores como señales de la salud del suelo cobra cada vez más relevancia en el marco de los agroecosistemas tropicales secos, como el del Centro de Apoyo Manglaralto. En estas zonas, la fluctuación estacional, la falta de agua y la presión humana impactan directamente en la estabilidad ecológica del sistema ecológico, poniendo en riesgo su habilidad para mantener la producción agrícola y pecuaria de manera sustentable. Examinar la vegetación en la época seca ayuda a conocer las especies que se amoldan a circunstancias de estrés hídrico y a comprender cómo opera ecológicamente el sistema en su estado más vulnerable, lo cual ofrece información fundamental para la restauración agroecológica y la gestión adaptativa.

Desde un punto de vista ecológico, la cobertura vegetal es fundamental para proteger el suelo de la erosión, regular el calor y mantener la humedad. Igualmente, la variedad de flores está vinculada con el balance de nutrientes, la actividad biológica del suelo y la existencia de especies señalizadoras que representan la calidad del ecosistema. Analizar estos componentes no solo posibilita establecer la condición actual del suelo, sino también anticipar su desarrollo frente al cambio climático o frente a diversas técnicas de gestión agrícola.

Además, esta investigación tiene una justificación académica y formativa sólida. Permite aplicar metodologías de evaluación ecológica en campo, reforzar competencias de

observación, análisis estadístico, identificación de especies y uso de indicadores agroecológicos. El enfoque interdisciplinario del estudio también fomenta la articulación entre la agronomía, la ecología y la gestión sostenible de recursos, contribuyendo a la formación integral del estudiante.

Objetivos

Objetivo General:

Analizar la relación entre los indicadores florísticos y edáficos para el diagnóstico agroecológico del suelo en el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto, con el fin de generar criterios de evaluación que contribuyan al manejo sostenible de zonas semiáridas.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar la composición y diversidad florística de la vegetación espontánea en parcelas permanentes del Centro de Apoyo Manglaralto durante la estación seca.
- Evaluar los principales indicadores físico-químicos del suelo (materia orgánica, pH, humedad y densidad aparente) asociados a diferentes niveles de cobertura vegetal.
- Establecer relaciones funcionales entre la diversidad florística y los parámetros edáficos mediante análisis comparativo e interpretación ecológica.
- Proponer lineamientos agroecológicos basados en especies bioindicadoras y condiciones del suelo, que orienten prácticas de conservación y restauración en agroecosistemas semiáridos.

Hipótesis

Existe una relación positiva entre la diversidad y cobertura de la vegetación espontánea y los indicadores de salud del suelo, de modo que suelos con mayor diversidad florística presentan mejores condiciones físico-químicas y biológicas durante la temporada seca

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 El agroecosistema como unidad de estudio

El agroecosistema (AES) es la principal unidad de estudio en la agroecología. Los métodos agroecológicos se fundamentan en replicar la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas naturales, sustituyendo sus elementos de forma que se mantenga la estructura y el funcionamiento. En esta parte se abordarán los distintos elementos que forman el ecosistema, los procesos fundamentales que suceden en su dinámica y trayectoria, y algunas consideraciones acerca de cómo deben ser diseñados los ecosistemas sustentables (Restrepo, et al., 2000).

El AES se aplica en sistemas donde no existen unidades separadas, sino que todas las partes operan con la misma dirección y objetivo común que se requiera para el adecuado funcionamiento de los componentes que aseguran un rendimiento eficaz en todo su conjunto, en este escenario sería la producción agropecuaria; este método promueve la unificación de las ciencias sociales (Platas-Rosado, et al., 2017).

Es posible hallar agroecosistemas en cualquier escala biogeográfica, se sitúan de forma constante sin establecer fronteras concretas y demuestran un continuum biológico. Su reducción facilita la investigación de la agricultura, que puede abarcar monocultivos y policultivos y sistemas mixtos en los cuales se utiliza también la actividad pecuaria, fomentando sistemas agropecuarios, agrosilvopastoriles y otros como los de acuicultura y agroforestales. Estos agroecosistemas están localizados a nivel global, en suelo áridos, humedales, montañas y zonas bajas o vegas (Sáenz, et al., 2023)

En el escenario ecuatoriano, el agroecosistema se transforma en un instrumento esencial para examinar la amplia variedad de sistemas agrícolas presentes en sus zonas geográficas. Costa, Cordillera, Amazonía e Isla. Cada una de estas zonas tiene condiciones agroecológicas distintas, las cuales dependen de factores como la temperatura, la altura, las precipitaciones y los tipos de terreno. Estos factores inciden en las técnicas agrícolas y en la diversidad de especies utilizadas. Esta diversidad permite que aparezcan diferentes agroecosistemas, que van desde los sistemas tecnificados e intensivos de la Costa hasta los sistemas con base tradicional y diversificada presentes en la Amazonía y en la Sierra.

1.2 Definición de agroecosistema

En el campo de la agroecología, el concepto de «agroecosistema» se define como un sistema en el que comunidades de plantas, animales y microorganismos interactúan con entornos físico-químicos que han sido modificados por la actividad humana con el fin de producir alimento, fibra o energía (Maes, 2018). Este enfoque enfatiza que la dinámica de los agroecosistemas difiere de la de los ecosistemas naturales tradicionales, dado que dependen de insumos externos y de la gestión humana para mantener su funcionalidad. Asimismo, se debe examinar los agroecosistemas desde un enfoque holístico para comprender su capacidad de respuesta ante alteraciones, incluyendo elementos como la diversidad funcional, la productividad neta primaria y los servicios ecosistémicos (Gliessman, 2004). En esta línea, identificar un agroecosistema como una unidad de análisis supone evaluar su estructura, el flujo de energía y nutrientes, además del rol que tiene la administración agronómica en su capacidad para recuperarse. Tal reconocimiento resulta esencial para diseñar estrategias de manejo sostenible que favorezcan la fertilidad del suelo, la biodiversidad vegetal y la estabilidad de los sistemas de producción bajo condiciones de estrés ambiental. (Neyton, et al., 2018).

De acuerdo con Felices & Hernández, (2020) , un agroecosistema es, a menudo, más difícil de estudiar que los ecosistemas naturales, porque la intervención humana altera su estructura y función normal. Cuando se extiende el concepto de ecosistema a la agricultura, y se consideran los sistemas agrícolas como agroecosistemas, se puede apreciar el complejo conjunto de interacciones (biológicas, físicas, químicas, ecológicas y culturales), no solo a nivel de finca, sino en el ámbito regional o de país, que determinan los procesos que permiten la producción de alimento.

1.3 Características de los agroecosistemas en zonas semiáridas

Uno de los rasgos más característicos de los agroecosistemas semiáridos es su elevada susceptibilidad a procesos de deterioro del suelo, tales como la erosión hídrica y eólica, la salinización y la disminución de la materia orgánica. Por la escasa cobertura de vegetación durante gran parte del año, el suelo se ve afectado por los vientos y las precipitaciones torrenciales, lo que disminuye su fertilidad y su habilidad para retener agua (Rendón, et al., 2011).

Respecto a su organización social y económica, los agroecosistemas en áreas semiáridas tienden a vincularse a comunidades rurales con restricciones en el acceso a agua,

infraestructura, apoyo técnico y mercados. No obstante, también muestran una profunda dependencia del saber local y de métodos de gestión tradicionales, tales como terrazas, zanjales de infiltración, cultivo en camellones y empleo de coberturas vegetales secas. Estas prácticas evidencian una adaptación histórica a las circunstancias restrictivas, además de una táctica de resistencia ante el incremento de la variabilidad climática (Sarandón & Flores, 2014).

1.4 Componentes bióticos y abióticos

1.4.1. Factores bióticos

Los factores bióticos se refieren a los componentes biológicos o vivos de su entorno verde. Algunos casos representativos incluyen insectos, roedores, enfermedades, bacterias o parásitos, plantas, entre otras (Sáenz, 2022).

1.4.1.1 Insectos

La existencia de plagas en nuestro cultivo puede reducir nuestra cosecha: los insectos se alimentan de las plantas, algunas de sus larvas pueden romper las raíces, en fases iniciales del cultivo, hormigas pueden cortar tallos y hojas, áfidos pueden extraer líquidos vegetales de las plantas, insectos pequeños como trips (*Thysanoptera*) pueden perjudicar las flores y ciertas larvas de mariposas pueden alimentarse de hojas. No obstante, no todos los insectos son perjudiciales, algunos desempeñan un papel crucial y nos asisten en las cosechas: abejas y moscas polinizan flores que se transformarán en frutos, depredadores y parasitoides contribuyen a la regulación de plagas, otros invertebrados como las lombrices contribuyen a mejorar la estructura del suelo proporcionando aireación a través de túneles, entre otros.

1.4.1.2 Microorganismos y hongos

Numerosos hongos, bacterias y otros microorganismos tienen la capacidad de provocar un daño considerable a las plantas al marchitar sus hojas, cubrir la zona fotosintéticamente activa de las hojas, contaminar los frutos y agilizar su proceso de descomposición, reduciendo así la vida después de la cosecha de vegetales y frutas. Adicionalmente, ciertos hongos generan toxinas en cereales almacenados, en tanto que virus o bacterias tienen la capacidad de eliminar plantas. No obstante, numerosos hongos y microorganismos también tienen la capacidad de formar vínculos simbióticos con las plantas.

1.4.1.3 Plantas acompañantes

Las plantas o malezas que acompañan el cultivo pueden rivalizar por recursos como agua y luz solar, o actuar como refugio para plagas y enfermedades. En esta situación, y por su relación perjudicial con el cultivo, estas plantas son conocidas como malezas. No obstante, numerosas plantas auxiliares no se relacionan con nuestro cultivo y pueden proporcionar servicios benéficos de gran relevancia. En este contexto, estas plantas suelen ser conocidas como arvenses. Algunas ventajas que estas plantas pueden proporcionar son la ocultación del cultivo al generar una variedad de aromas y texturas en su plantación, lo que complica a la plaga la identificación de la planta cultivada. Las arvenses florecientes también tienen la capacidad de proporcionar néctar a depredadores y parasitoides que requieren azúcares y aminoácidos como combustible para volar y desplazarse (Sáenz, 2022).

1.4.2. Factores abióticos

Los elementos abióticos comprenden todos los componentes físicos y químicos no vivos que participan en la formación y operación de un agroecosistema. Su existencia y comportamiento tienen un impacto directo en el progreso de las cosechas, la diversidad biológica del sistema, la actividad de los microorganismos en el suelo y, en términos generales, en los procesos ecológicos que mantienen la producción agrícola. Dentro de los elementos abióticos más significativos se incluyen el suelo, el clima (temperatura, lluvia, humedad), la radiación solar, el viento y la topografía, todos ellos con un rol crucial en la regulación del balance ecológico (Sarandón & Flores, 2014).

El suelo es un elemento crucial en un agroecosistema, dado que funciona como apoyo físico para las plantas y como depósito de agua, nutrientes y seres vivos. Su conformación, consistencia, pH, contenido de materia orgánica, habilidad para retener agua y grado de fertilidad determinan el tipo de cultivo que puede ser instaurado y el grado de productividad que se puede lograr. Un suelo saludable fomenta un incremento en la actividad biológica, optimiza la infiltración de agua, promueve el crecimiento de las raíces y potencia la capacidad del sistema para resistir condiciones meteorológicas desfavorables (Altieri, 1999).

Las variables vinculadas a la atmósfera desempeñan un papel crucial en el crecimiento de las plantas. La precipitación abarca toda la cantidad de agua que se desprende de la atmósfera, ya sea en forma de lluvia, nieve o lluvia, y, como ya hemos señalado, es vital para el desarrollo vegetal. Los excesos de precipitaciones pueden provocar inundaciones que

pueden marchitar y devastar plantas, mientras que la ausencia de lluvias puede provocar sequías (Sáenz, 2022).

Los vientos, ya sean de origen húmedo o seco, tienen la capacidad de proporcionar humedad o incrementar la sequedad del suelo. Igualmente, influyen en las variaciones de temperatura y en ciertos fenómenos del aire, como huracanes y tornados.

Además, poseen un efecto mecánico que provoca la erosión del suelo y afecta a la vegetación: desprende hojas y ramas secas y lleva polen y semillas. Los vientos cálidos y secos incrementan el proceso de evaporación de la humedad causado por la transpiración de las hojas. La temperatura afecta los procesos bioquímicos de los seres vivos. Algunos animales, como las aves y los mamíferos, han adquirido la habilidad de mantener la temperatura corporal constante, y esta habilidad les facilita la supervivencia en diferentes ambientes climáticos. Otros, como los insectos, peces y reptiles, carecen de mecanismos para controlar su temperatura corporal y resultan más susceptibles a los cambios exteriores (FAO, 1996).

1.4.2.1. Servicios ecosistémicos asociados

Los servicios ecosistémicos constituyen los múltiples beneficios que los ecosistemas naturales ofrecen a la sociedad y que resultan esenciales para la sostenibilidad ambiental, la salud, la economía y el bienestar humano. Estos servicios se derivan del funcionamiento propio de los ecosistemas y abarcan procesos vitales como la formación y fertilidad del suelo, la polinización de cultivos por insectos, la generación y purificación del agua, así como la regulación del clima y del ciclo del carbono por los bosques. Por medio de estos mecanismos, la naturaleza apoya las acciones humanas y económicas, asegurando que haya recursos fundamentales disponibles y favoreciendo la estabilidad del medio ambiente. No obstante, muchos de estos servicios son ignorados hasta que empiezan a deteriorarse, lo cual compromete la salud pública, la seguridad alimentaria y el equilibrio ecológico. Por lo tanto, preservar los servicios ecosistémicos no solamente significa salvaguardar la biodiversidad, sino también garantizar la base de nuestra supervivencia y de un nivel de vida óptimo. El deterioro de estos sistemas conlleva consecuencias negativas directas en el bienestar humano y en el desarrollo sostenible de las comunidades (Revilla, 2016).

1.5 Concepto de vegetación espontánea y su importancia ecológica

La vegetación espontánea, también conocida como adventicia, es toda aquella vegetación que no es cultivada y que se halla en los agroecosistemas, ya sea en forma de vegetación

espontánea o adventicia tanto en el interior como en el exterior de las parcelas de cultivo. Usualmente, estas especies han sido catalogadas como "malezas", ya que se asume que son "malezas" que obstaculizan la producción de las especies cultivadas que obstaculizan el proceso de producción de las especies cultivadas (Vicente & Sarandón, 2023).

La importancia ecológica de la vegetación natural es diversa. Primero, ayuda a mejorar la salud del suelo al resguardar su superficie de la erosión hídrica y eólica, promover la infiltración del agua y preservar una cubierta de vegetación viva durante los periodos de descanso o fuera del ciclo agrícola. Algunas especies contribuyen con materia orgánica mediante su descomposición, optimizando la estructura y fertilidad del suelo (Berdugo & Rangel, 2015) .

En segundo lugar, estas plantas representan un entorno y recurso nutricional para organismos beneficiosos, tales como polinizadores, reguladores biológicos (depredadores y parasitoides de plagas), aves e insectos del suelo. La vegetación natural, al preservar una biodiversidad funcional, favorece la estabilidad ecológica del agroecosistema, favoreciendo procesos como la polinización, la propagación de semillas y el control biológico natural (Altieri, 1999) .

1.6 Funciones ecológicas: cobertura del suelo, reciclaje de nutrientes, regulación microclimática

1.6.1 Cobertura del suelo

La cobertura del suelo es un marcador biofísico que caracteriza los elementos que envuelven el territorio, como el asfalto, la vegetación, el suelo desnudo, el agua, entre otros. Se interpreta de manera distinta dependiendo de las disciplinas científicas. Los ecólogos establecen la cobertura del suelo en función de la existencia y prevalencia de especies de vegetación, mientras que para los edafólogos es un indicador de la composición y las clases de suelos. Es común el uso conjunto de los conceptos de uso y cobertura, dado que, dependiendo del propósito final de la cartografía, se establecen leyendas en las que conviven clases vinculadas a usos con otras vinculadas a coberturas (Guzmán, et al., 2023).

1.6.2 Reciclaje de nutrientes

Además, el reciclaje de nutrientes es otra función ecológica esencial, promovida por la degradación de desechos orgánicos proporcionados por la flora. Tanto las hojas caídas, tallos secos o raíces deterioradas se incorporan de nuevo al sistema a través de la acción de microorganismos y macrofauna terrestre, tales como lombrices, coleópteros y hongos

saprófitos. Este proceso natural facilita la preservación de la fertilidad del suelo, la finalización de los ciclos de nutrientes y la disminución de la necesidad de abonos químicos. Además, algunas especies de cobertura, como las leguminosas, favorecen la fijación biológica del nitrógeno, lo que enriquece el suelo de forma sustentable (Lavelle, 2006).

1.6.3 Regulación microclimática

Su importancia radica en comprender que el macroclima, los patrones climáticos regionales que solemos analizar, no se experimenta de manera uniforme. Existen variaciones, a veces drásticas, a escalas muy pequeñas. Estas variaciones, estos microclimas, impactan directamente en numerosos aspectos de nuestras vidas y ecosistemas, desde el consumo energético de los edificios hasta la salud de las poblaciones urbanas y la productividad de las tierras agrícolas (Harlan, et al., 2025).

1.7 Especies indicadoras y su rol en el diagnóstico agroecológico

Las especies indicadoras pueden categorizarse en tres grupos: especies ambientales, ecológicas y de biodiversidad. Las primeras reaccionan a variaciones ambientales y representan directamente la condición abiótica o biótica del entorno. Las segundas ilustran la influencia de modificaciones ambientales en un hábitat, comunidad o entorno natural. Las terceras son valiosas para indicar zonas de gran abundancia de especies (Regalado, 2009).

El uso de especies indicadoras permite además fortalecer la autonomía de los agricultores, al proporcionarles herramientas prácticas para observar y entender su entorno, sin depender exclusivamente de análisis de laboratorio. Esta observación participativa fortalece el vínculo entre saberes tradicionales y científicos, facilitando la toma de decisiones localmente adaptadas. En este sentido, el enfoque agroecológico promueve el uso de indicadores biológicos accesibles, culturales y ecológicamente relevantes, en lugar de depender exclusivamente de variables físico-químicas (Sarandón & Flores, 2014).

1.8 Potencial forrajero, alelopático o polinizador de especies espontáneas

1.8.1 Potencial Forrajero

La potencia de forraje de ciertas especies espontáneas es significativa, particularmente en áreas con restricciones de agua o durante la estación seca, cuando los cultivos tradicionales de forraje se agotan. Especies vegetales como *Amaranthus ssp.*, *Acalypha spp.*, *Desmodium spp.* Poseído por *Stylosanthes spp.* Las aves de corral y rumiantes pueden ingerirlas, proporcionando nutrientes vitales, en particular proteína y fibra. Estas especies suelen poseer

una alta palatabilidad y, al desarrollarse sin necesidad de recursos, constituyen una opción económica para la nutrición animal (Gortaire, 2017).

1.8.2 Alelopático o polinizado de especies espontaneas

La alelopatía se define como el impacto directo de un compuesto químico que una planta libera en el desarrollo y crecimiento de otra. Se conoce que las sustancias alelopáticas son provocadas por el estrés ambiental. Los compuestos alelopáticos pueden liberarse del suelo a través de la exudación de las raíces, la lixiviación, la volatilización y la degradación de los residuos vegetales en el suelo. Si se encuentran en las variedades de las especies cultivadas, las sustancias alelopáticas pueden disminuir la necesidad de controlar las malezas, en particular la aplicación de herbicidas. La alelopatía, aunque por sí misma no sea una tecnología ideal para el control de malezas, puede ser un recurso adicional para su control (FAO, 2004).

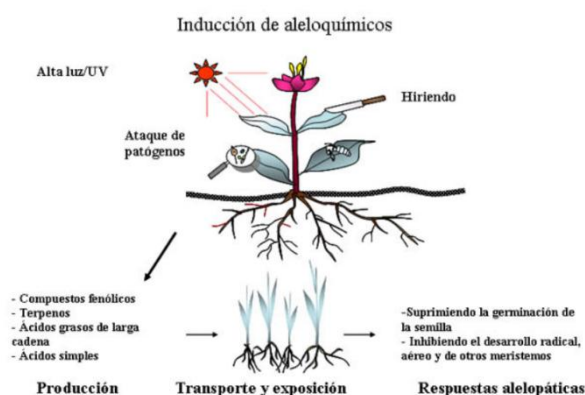


Figura 1 Inducción de compuestos aleloquímicos por estreses ambientales

1.9 Cobertura y composición florística

1.9.1 Definición de cobertura vegetal

La cobertura vegetal se refiere al nivel en que la vegetación, ya sea natural, cultivada o espontánea, cubre la superficie del suelo en un lugar y momento específicos. Este principio incluye tanto la existencia de vegetación viva como de residuos vegetales (hojarasca, rastrojos, mantillos), que ayudan a resguardar el suelo contra la influencia de elementos erosivos como el viento, la lluvia y la radiación solar directa (Felices & Hernández, 2020).

Es esencial mantener la superficie del suelo protegida en la agricultura de conservación. Los desechos de los cultivos se acumulan en la superficie del suelo, sin embargo, puede ser imprescindible utilizar cultivos de cobertura si el periodo entre la recolección de un cultivo y la plantación del siguiente es excesivamente extenso. Los cultivos de cobertura

incrementan la estabilidad del sistema de agricultura de conservación, no solo a través de la optimización de las características del suelo, sino también por su habilidad para promover una biodiversidad más amplia en el ecosistema agrícola (FAO, 2022).

En la agricultura de conservación, la cubierta vegetal es crucial para resguardar el suelo de las gotas de agua, además de mantener el suelo bajo sombra y manteniendo el máximo grado de humedad posible. Hemos observado su relevancia para el reciclaje de nutrientes, pero también ejercen un efecto físico y, posiblemente aleopático en las plantas, disminuyendo su aparición y llevando a la disminución del uso de agroquímicos y, por ende, de los gastos de producción (FAO, 2022).

1.9.2 Composición y diversidad florística

La diversidad florística cumple un papel importante en los ecosistemas, se considera una propiedad emergente de la comunidad que describe su variedad interna, en ella se miden índices relacionados con los habitualmente empleados según la complejidad, esta depende de dos factores muy representativos, siendo uno de ellos, el número de especies y el equilibrio demográfico que existe entre ellas (Tomalá, 2021).

A nivel de paisaje o de una región concreta, la vegetación es observable a primera vista como manchas en el territorio de distinto color, textura y cobertura de las plantas. La caracterización florística permite conocer el funcionamiento de los bosques y otros tipos de cobertura vegetal, y se constituye en una herramienta para planificar y ejecutar su manejo (Betancourt, 2016).

La diversidad de los bosques secos en Ecuador, sin duda, presentan una diversidad biológica interesante, tales como especies de las familias, *Mimosaceae*, *Nyctaginaceae*, *Burseraceae*, *Caesalpiniaceae*, *Bombaceae*, *Cochlospermaceae*, *Boraginaceae*, *Farbaceae*, *Erythroxylaceae*, *Sterculiaceae*, *Rubiaceae*, *Bignoniaceae*, *Combretaceae*, *Ulmaceae*, entre otras, muy importantes para la recuperación de áreas degradadas y regeneración natural (Betancourt, 2016).

1.9.3 Métodos de levantamiento florístico

Uno de los métodos más empleados para llevar a cabo este tipo de inventario es el muestreo por cuadrantes o parcelas, que implica definir unidades de muestreo de tamaño fijo (como 1 m², 5 m² o 10 m²) distribuidas de manera sistemática o aleatoria en el área de análisis. En cada cuadrante se reconocen todas las especies existentes y se documenta su prevalencia, usualmente en términos de cobertura porcentual o cantidad de sujetos. Este

procedimiento facilita el cálculo de indicadores ecológicos tales como la frecuencia, dominancia, relevancia relativa y densidad (Mueller-Dombois, 1996).

Otro método frecuente es el de transectos lineales, donde se marca una línea recta en el suelo (de 20, 50 o incluso 100 metros) y se anotan las especies que se encuentran interceptadas o presentes a intervalos regulares durante el transecto. Este procedimiento resulta especialmente beneficioso en zonas con variabilidad topográfica o gradientes ambientales notables, dado que facilita la identificación de alteraciones en la composición de las flores a lo largo de un eje espacial (Kent, 2012).

1.9.4 Índices ecológicos (riqueza, Shannon, Simpson, equidad)

Los índices ambientales son instrumentos estadísticos que facilitan la cuantificación de la diversidad biológica en un ecosistema. Su uso es crucial en investigaciones florísticas, dado que brindan una perspectiva más amplia que la mera lista de especies existentes, teniendo en cuenta también la abundancia relativa de cada una. En agroecosistemas, estos indicadores contribuyen a evaluar la condición ecológica del sistema, la presión de alteraciones, el rendimiento de la vegetación natural y el efecto de las acciones de gestión en la biodiversidad (Magurran, 2021).

El **índice de Shannon-Weaver (H')**, también conocido como Shannon-Wiener, es uno de los más utilizados en estudios de biodiversidad. Se calcula considerando tanto la riqueza como la equitatividad (distribución) de las especies. Su fórmula es:

$$H' = - \sum (p_i \times \ln p_i)$$

donde p_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total. Valores más altos de H' indican mayor diversidad y mayor incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo tomado al azar. Este índice es sensible a la presencia de especies raras, lo cual lo hace adecuado para estudios florísticos detallados (Moreno, 2001).

El **índice de Simpson (D)**, en cambio, se enfoca en la dominancia de las especies más abundantes. Se expresa comúnmente como:

$$D = \sum p_i^2$$

o bien como su inverso ($1/D$) o como diversidad complementaria ($1-D$). Un valor de D cercano a 1 indica baja diversidad, ya que una sola especie domina. Este índice es menos sensible a las especies raras que el de Shannon, por lo que resulta útil para detectar dominancia ecológica o desequilibrios causados por disturbios o malas prácticas agrícolas (Magurran, 2021).

La **equitatividad o uniformidad (J')** mide qué tan equitativamente están representadas las especies en la comunidad. Se calcula generalmente con base en Shannon:

$$J' = H' / \ln(S)$$

donde S es la riqueza total de especies. J' toma valores entre 0 y 1, siendo 1 el máximo equilibrio. Una comunidad con equitatividad alta sugiere una distribución pareja en las abundancias, mientras que valores bajos reflejan que una o pocas especies dominan, lo que puede estar asociado a condiciones de perturbación o baja cobertura vegetal (Magurran, 2021).

1.9.5 Aplicación de indicadores florísticos en el monitoreo agroecológico

El propósito del monitoreo agroecológico es valorar el rendimiento ambiental, productivo y social de los sistemas de agricultura, teniendo en cuenta no solo su productividad, sino también su sostenibilidad, resistencia y habilidad para regenerar el medio ambiente. En estas circunstancias, los indicadores florísticos se han transformado en instrumentos esenciales para identificar variaciones en la cobertura de las plantas, la variedad biológica y el rendimiento ecológico de los agroecosistemas con el paso del tiempo (Sarandón & Flores, 2014).

Los factores asociados a la estructura, composición y dinámica de la vegetación son conocidos como indicadores florísticos y pueden ser evaluados práctica y constantemente en el suelo. La diversidad de especies vegetales (Simpson, Shannon), la riqueza específica, la cobertura vegetal, la presencia de especies bioindicadoras y el número de especies espontáneas son los indicadores que con mayor frecuencia se utilizan. Estas variables permiten el análisis indirecto de procesos como la regeneración natural, el estado del terreno, la magnitud de alteraciones o la presión ejercida por los humanos en un agroecosistema (Guzmán, et al., 2023).

El uso de indicadores florísticos no solo aporta datos sobre el estado ecológico del sistema, sino que también facilita el diseño de estrategias de manejo adaptativo. En particular, se pueden utilizar para validar la efectividad de prácticas agroecológicas como la cobertura viva, la rotación de cultivos, la reducción del laboreo, o la inclusión de bancos de biodiversidad. Asimismo, estos indicadores permiten hacer comparaciones entre diferentes parcelas, tipos de manejo o temporadas, proporcionando evidencia cuantificable sobre el impacto de las prácticas agrícolas en la biodiversidad vegetal (Vicente & Sarandón, 2023).

1.10 Salud de suelo

1.10.1 Concepto y dimensiones de la salud del suelo

La salud del suelo es equivalente a la "calidad del suelo". El Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA NRCS) lo define como: "Capacidad permanente de un suelo para operar como ecosistema vital, capaz de sostener seres humanos, animales y plantas".

La idea de la salud del suelo se refiere a cómo las propiedades físicas, químicas y biológicas se alteran debido al uso y manejo que el hombre hace de los suelos (Precisagro, 2021). La salud del suelo es dinámica, las prácticas culturales pueden mejorar o deteriorar la misma. Un suelo sano cumple funciones que son críticas para la producción agrícola tales como:

- ✓ Infiltración de agua y almacenamiento de aire y agua.
- ✓ Retención y reciclamiento de nutrientes.
- ✓ Supresión de enfermedades y malezas.

1.10.2 Dimensiones del suelo

Dicho esto, la salud del suelo también se ve directamente afectada por las prácticas de gestión, que desempeñan un papel igualmente importante en el pronóstico general (Calderón, et al., 2018).

Un eje principal en la sostenibilidad de los agroecosistemas es la conexión entre el estado del suelo y la diversidad de flores, pues estos dos elementos se influyen mutuamente para conservar la productividad agrícola y el balance ecológico. De acuerdo con López Fando (2024), la salud del suelo debe ser comprendida como la capacidad del sistema edáfico de actuar como un ecosistema vivo que apoye a la vegetación y mantenga los procesos biogeoquímicos fundamentales. En este sentido, la variedad de especies vegetales tiene un impacto directo en la estructura, la porosidad y el reciclaje de nutrientes del suelo, lo que genera condiciones más estables ante la compactación o erosión (Zhang, et al., 2022). Por otra parte, investigaciones recientes han demostrado que comunidades vegetales variadas impulsan una actividad microbiana más intensa y una acumulación de materia orgánica más eficaz, lo que refuerza los indicadores biológicos de la salud del suelo. En conjunto, estos hallazgos respaldan la idea de que la conservación de la diversidad florística no solo contribuye a la resiliencia ecológica, sino que también mejora la capacidad del suelo para

sostener la productividad a largo plazo, elemento clave en la gestión agroecológica sostenible (Bhaduri, et al., 2022)

1.10.3 Indicadores físico-químico: materia orgánica, pH, humedad, densidad aparente

1.10.3.1 Materia Orgánica

La materia orgánica de los suelos corresponde a compuestos orgánicos carbonados de diferentes características químicas que se presentan estrechamente interrelacionados con la fracción inorgánica del suelo, principalmente arcilla. El contenido de carbono orgánico de los diferentes suelos está determinado principalmente por el clima y por el tipo y cantidad de arcilla.

El clima determina el grado de acumulación de carbono orgánico en el suelo (materia orgánica) a través de dos factores principales: cantidad de precipitación y temperatura. Por otra parte, el tipo y cantidad de arcilla también afecta al grado de acumulación de carbono en el suelo y este efecto interactúa con el suelo, modificando su grado de evolución. La combinación adecuada de humedad y temperatura promueve la formación de abundante fitomasa. Esta vegetación recicla, integrándose al suelo e incrementando a través del largo tiempo el contenido de materia orgánica. Sin embargo, esta acumulación alcanza un equilibrio que está determinado por el balance de los factores señalados de humedad y temperatura, y de la propia interacción producida por la vegetación con el suelo (Bautista & Hernández, 2021).

1.10.3.2 pH en el suelo

El pH del suelo es una propiedad química que influye en la regulación de la disponibilidad de nutrientes y muchos otros procesos. Cada uno de los nutrientes está disponible para la absorción de las plantas a diferentes pH del suelo, por eso los diferentes cultivos crecen bien a diferentes valores de pH. Valores de pH entre 5.5 y 7.5 son adecuados para la mayoría de los cultivos, ya que una mayor variedad de nutrientes sería disponibles. Con valores de pH inferiores a 7, el suelo es ácido, mientras que con valores de pH superiores a 7, el suelo es alcalino. Aquí, para determinar el pH del suelo se utiliza el kit de pH desarrollado y proporcionado por el departamento de Ciencia para el Desarrollo de la Tierra de Tailandia (FAO, 2020).

1.10.3.3 Humedad

La humedad del suelo es un factor esencial en el sistema climático, así como en los ciclos de la energía, el agua y la biogeoquímica. Un cálculo más preciso de la variabilidad de la

humedad del suelo en el espacio y en el tiempo ayuda a disminuir la incertidumbre en los modelos de cambio climático, sobre todo en lo que se refiere a la aparición y regularidad de eventos climáticos extremos como sequías o prolongados períodos continuos de lluvia. Además, la dinámica de la humedad del suelo también juega un papel esencial. Aunque es un factor importante, la humedad del suelo es una de las variables más difíciles de medir y menos entendidas en la hidrología del suelo.

Así mismo, la vegetación tiene un rol crucial en la humedad del suelo a distintas escalas temporales y espaciales, porque las plantas absorben agua del suelo y afectan los flujos y vías del agua (Gonzalez, et al., 2024).

1.10.3.4 Densidad aparente

La densidad aparente (Dap) se define como la masa por unidad de volumen de suelo. Las unidades usualmente utilizadas son: $t\ m^{-3}$, $Mg\ m^{-3}$ o $g\ cm^{-3}$. Estas unidades son intercambiables entre sí ya que mantienen entre sí la magnitud. El valor de Dap tiene dos usos fundamentales: caracterizar físicamente al suelo (relación sólidos / espacio poroso) y la conversión de datos expresados en concentraciones, a su expresión en masa o volumen. Existen varios métodos para medir la DAP: a) método del cilindro; b) método de excavación; c) métodos por radiación; entre otros la de mayor utilización en nuestro país es el método del cilindro.

El mismo consiste en la extracción de una muestra de suelo, contenida en un cilindro de volumen conocido. Es recomendable que el mismo cuente con un diámetro de por lo menos 7.5 cm y que su altura sea menor o igual a su diámetro. Cuanto menor es el diámetro del cilindro los valores de DAP son mayores, debido a que poros de gran diámetro no son captados y también se favorece la compactación de la muestra (Álvarez & Taboada, 2013).

1.11 Influencia de la vegetación sobre las propiedades del suelo

1.11.1 Relación suelo–cobertura vegetal como criterio de calidad agroecológica

La relación entre el suelo y la cobertura vegetal es un criterio fundamental para la calidad agroecológica, ya que la cubierta vegetal enriquece y protege el suelo, lo que mejora su salud, fertilidad y estructura. Una cobertura vegetal apropiada reduce la erosión, eleva el contenido de materia orgánica, perfecciona el ciclo de nutrientes, propicia la retención e infiltración del agua y promueve la biodiversidad del suelo. Todos estos son signos de un ecosistema agrícola más sostenible y resistente (FAO, 2025).

Se distinguen tres tipos principales según las opciones de uso y los rasgos de los cultivos de cobertura: gramíneas, leguminosas y no leguminosas con hojas anchas. En la mayoría de los casos, los cultivos de cobertura tienen múltiples funciones al mismo tiempo, como mejorar la calidad del suelo, prevenir la erosión o el pastoreo, entre otras (Cherlinka, 2025).

La cubierta vegetal es importante en la agricultura de conservación para proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, así como para mantener el suelo bajo sombra y con el más alto porcentaje de humedad posible. Hemos visto su importancia para el reciclaje de nutrientes, pero también tienen un efecto físico y, probablemente, aleopático sobre las malezas, rebajando su incidencia y conduciendo a la reducción del uso de agroquímicos y, con ello, de los costos de producción (FAO, 2025).

1.12 Interacciones vegetación–suelo

1.12.1 Retroalimentación entre diversidad vegetal y funciones del suelo.

Las funciones del suelo y la diversidad vegetal mantienen una relación de retroalimentación mutua:

Gracias a sus raíces y la materia orgánica, las plantas enriquecen el suelo, y un suelo fértil fomenta el desarrollo de la vegetación y su diversidad. La fertilidad del suelo puede mejorar gracias a la diversidad vegetal, en particular la funcional, que optimiza tanto la producción de materia orgánica como la captación de nutrientes. Además, los cambios en el suelo, como la estructura y el microbiota, determinan qué especies vegetales pueden prosperar (Bennett & Klironomos, 2018).

1.12.2 Vegetación como amortiguador de procesos de degradación edáfica

La vegetación, al resguardar el suelo de la erosión eólica e hídrica, conservar los nutrientes y optimizar su estructura, funciona como un amortiguador de la degradación del mismo. Las hojas y los tallos atrapan las gotas de lluvia, las raíces sostienen el suelo y la cobertura vegetal en su totalidad disminuye la escorrentía superficial y la velocidad del viento. Esto evita la degradación de la tierra fértil, fomenta la infiltración de agua y preserva la salud del suelo.

La vegetación representa una barrera protectora entre la superficie terrestre y el ambiente que la rodea, cada una de las estructuras presentes en plantas, hojas, tallos y raíces, juega un papel importante en el aumento de la estabilización tanto de forma mecánica como hidráulica (Assis & Sánchez-Castillo, 2023).

1.12.3 Estudios previos sobre vegetación espontánea y salud del suelo en ambientes semiáridos

Las investigaciones sobre la salud del suelo y la vegetación espontánea en zonas semiáridas normalmente se enfocan en cómo la vegetación disminuye la erosión, conserva los ciclos de agua y nutrientes; a su vez, también analizan cómo la calidad del suelo afecta tanto a la composición como a la abundancia de dicha vegetación. Algunas investigaciones, por ejemplo, han descubierto vínculos entre la concentración de nutrientes en el suelo (como el fósforo) y la riqueza de especies vegetales, así como con la cantidad de microorganismos beneficiosos, como los hongos micorrícicos arbusculares (HMVA). La intención de estas investigaciones es entender la conexión entre el suelo, los hongos y las plantas para poder restaurar y gestionar estos ecosistemas vulnerables de manera sostenible (FAO, 2015).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. *Caracterización del área*

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Manglaralto, UPSE, situado en la provincia de Santa Elena, en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, en la ruta a Dos Mangas. Esta instalación tiene las coordenadas geográficas 01°50'32" latitud Sur, 80°44'22" longitud Oeste, a una altura de 12 msnm.

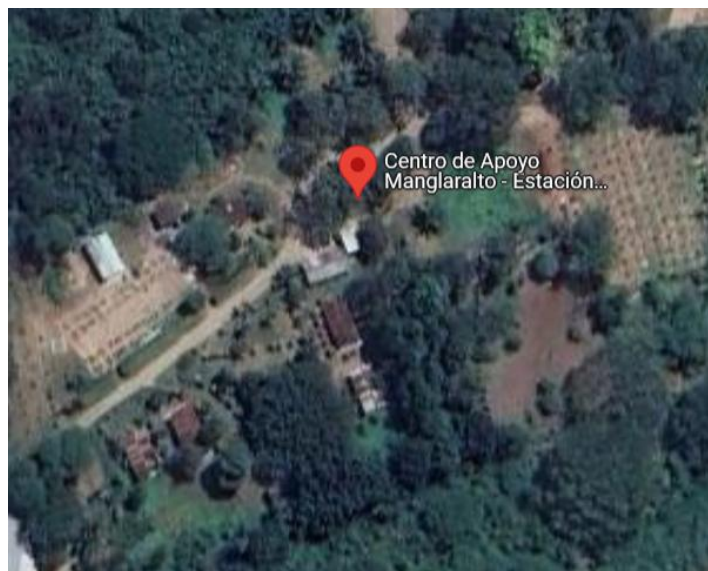


Figura 2 Centro de Apoyo Manglaralto UPSE

El Centro de Apoyo Manglaralto UPSE posee una superficie de 22.6 ha, que están ocupadas en actividades de conservación forestal, áreas pecuarias y donde se practica la agricultura, ya sea en cultivos de ciclo corto o perenne (Valdivia., 2022).

2.2. *Características climáticas de la zona*

2.2.1. *Temperatura*

Manglaralto dispone de una temperatura media anual de 24°, una máxima de 32° y mínima de 16° centígrados (Meteored, 2019).

2.2.2. *Precipitación*

La parroquia anualmente posee una precipitación de 100 – 200 mm y 12 horas luz, se distingue por tener dos estaciones al año: la estación seca, que se extiende de diciembre a

abril, y la época lluviosa, que va desde mayo hasta noviembre con ligeras lloviznas y temperaturas bajas (Meteored, 2019).

2.2.3. Particularidades Físicas y Químicas del suelo del suelo en el Centro de Apoyo UPSE Manglaralto.

El Centro de Apoyo Manglaralto de la UPSE, el pH del suelo es neutro (6.53), su textura es franca arcillosa limosa y no presenta problemas con respecto a la salinidad, dado que cuenta con una CE de 0.91 ms/cm (Sánchez, 2020).

Tabla 1 Datos físicos y químicos del suelo.

Elementos	Cantidad (ug/m)	Interpretación
Ph	6.53	Ligeramente alcalino
Nitrógeno	36	Medio
Fosforo	22	Alto
Potasio	1185	Alto
Calcio	3098	Alto
Magnesio	587	Alto
Azufre	41	Alto
Zinc	1.1	Bajo
Cobre	7.1	Alto
Hierro	21	Medio
Manganeso	4	Bajo
Boro	0.63	Medio

Fuente: (Sánchez, 2020).

2.3. Materiales, equipos y reactivos

Para el levantamiento florístico se emplearon materiales de campo estándar:

- ✓ Cinta métrica de 50 m
- ✓ Gps garmin etrex 10 para georreferenciación
- ✓ Brújula
- ✓ Fichas de registro
- ✓ Cámara fotográfica digital
- ✓ Estacas para marcación de parcelas.

Las muestras de suelo fueron recolectadas con barreno tipo Uhland a una profundidad de 0–20 cm. En laboratorio se utilizaron equipos de análisis físico-químico: balanza analítica

(± 0.001 g), estufa de secado (105 °C), mufla (450 °C), cilindros de volumen conocido (100 cm³), agitadores magnéticos y material de vidrio de laboratorio (matraces, pipetas, buretas). Los reactivos empleados incluyeron: dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇), ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄), ácido fosfórico (H₃PO₄), sulfato ferroso amoniacal [Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O] y fenantralina como indicador, para la determinación de materia orgánica por el método de Walkley y Black (1934). Las mediciones de pH se realizaron en suspensión suelo:agua (1:5), conforme a la norma ISO 10390:2005, mientras que la densidad aparente (DA) se obtuvieron mediante métodos descritos por Blake y Hartge (1986) en *Methods of Soil Analysis*.

2.4. Tipo y diseño de investigación

Aplicada, con enfoque cuantitativo-descriptivo y diseño de estudio de caso, orientado a caracterizar la cobertura vegetal y la composición florística en un agroecosistema semiárido, y a describir su relación con la condición edáfica durante la temporada seca. Según Hernández-Sampieri et al. (2018), los estudios descriptivos permiten detallar con precisión las propiedades y características de un fenómeno en su contexto real, sin manipulación de variables. En este sentido, la investigación se desarrolló bajo un **diseño no experimental longitudinal**, ya que las observaciones se realizaron en un mismo conjunto de unidades (parcelas permanentes) a lo largo de un periodo determinado (ocho semanas).

2.5. Ubicación de parcelas permanentes

El establecimiento de las parcelas permanentes se realizó siguiendo criterios de representatividad del paisaje y homogeneidad en cuanto a topografía y cobertura inicial. Se delimitaron cinco parcelas de 20 × 20 metros, ubicadas dentro del agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto, seleccionadas mediante observación directa y considerando variaciones visibles en la cobertura vegetal y uso previo del suelo. Cada parcela se marcó con estacas de madera en sus vértices y se georreferenció con un GPS Garmin eTrex 10, garantizando su localización precisa para las mediciones sucesivas.

En el interior de cada parcela se distribuyeron cinco cuadrantes de 1 m², dispuestos de manera sistemática, donde se efectuaron los registros semanales de cobertura y composición florística durante dos meses consecutivos. Este diseño permitió evaluar la variabilidad espacial y temporal de la vegetación espontánea bajo condiciones controladas de observación, cumpliendo con las recomendaciones metodológicas propuestas por Kent

(2012) y Moreno & Halffter (2001) para estudios de monitoreo ecológico en ecosistemas terrestres.

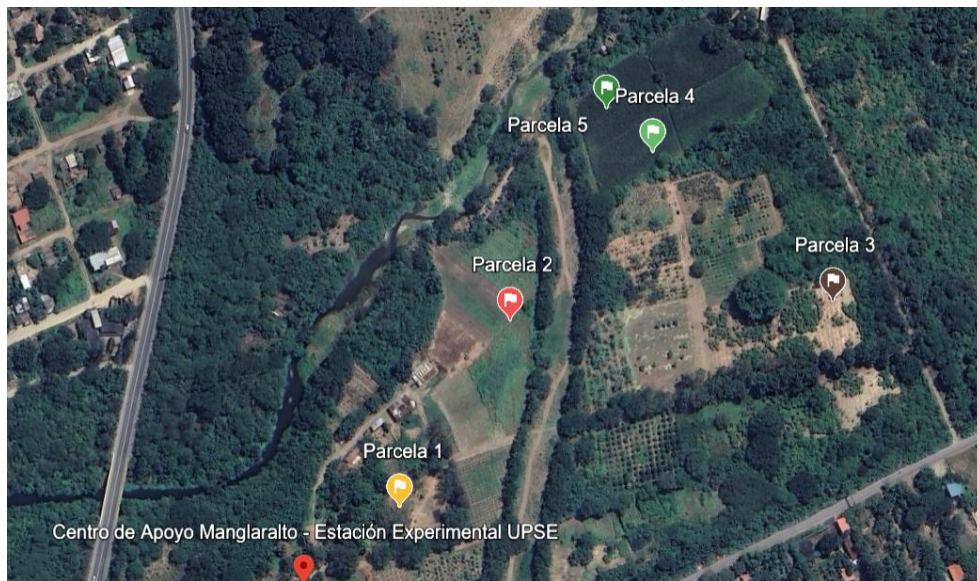


Figura 3 Distribución de parcelas

2.6. Levantamiento florístico

Durante ocho semanas consecutivas, se registraron todas las especies presentes en los 25 cuadrantes. Para cada especie se documentó:

- Nombre científico y común.
- Tipo biológico (herbácea o leñosa).
- Cobertura relativa estimada visualmente (%).
- Frecuencia de aparición (número de semanas presente).

Se elaboró una matriz de presencia/cobertura (especies × cuadrantes), con la cual se calcularon índices ecológicos descriptivos:

- **Riqueza de especies (S):** número total de especies por parcela.
- **Índice de Shannon–Wiener:**

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$$

donde p_i es la proporción de cobertura de la especie i .

- **Índice de Simpson:**

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

- **Equitatividad (J'):**

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Estos índices permitieron evaluar la estructura de la vegetación en términos de diversidad y dominancia (Magurran, 2013; Kent, 2012).

2.7. *Análisis descriptivo de especies predominantes como bioindicadoras del estado del suelo*

Para interpretar el papel ecológico y agropecuario de las especies predominantes como posibles bioindicadores del estado del suelo, se realizó un análisis descriptivo que integró la información florística obtenida en campo con los resultados físico-químicos del suelo.

En cada parcela se identificaron las especies con mayor cobertura y frecuencia de aparición durante el período de evaluación, considerando su tipo biológico (herbáceo o leñoso) y su comportamiento fenológico. Posteriormente, se relacionaron estas especies con las condiciones edáficas registradas —materia orgánica, pH, densidad aparente y humedad— a fin de inferir su afinidad con suelos en distintos grados de conservación o degradación.

La interpretación se sustentó en criterios ecológicos y agropecuarios, revisando literatura especializada que asocia determinadas especies espontáneas con procesos de compactación, pérdida de fertilidad o recuperación de la estructura del suelo (Magurran, 2013; Brady & Weil, 2016). De manera cualitativa, las especies recurrentes en suelos con mejores condiciones físicas (baja densidad aparente, alta materia orgánica) fueron consideradas indicadoras de estabilidad y cobertura protectora, mientras que las especies pioneras o de rápido crecimiento, presentes en áreas con menor cobertura y compactación elevada, se catalogaron como indicadoras de perturbación o degradación.

Esta aproximación integradora permitió vincular la diversidad vegetal con el funcionamiento ecológico del suelo, siguiendo las orientaciones de (Kent, 2012) y (Díaz, et al., 2016) sobre la interpretación funcional de la vegetación en estudios agroecológicos.

2.8. *Muestreo y análisis de suelo*

El muestreo de suelo se efectuó en el centro de cada parcela, conformando **cinco muestras compuestas** (una por parcela). Cada muestra se obtuvo a partir de cinco submuestras

tomadas dentro de los cuadrantes, homogenizadas y tamizadas a 2 mm. Las variables analizadas fueron: **materia orgánica (MO)**, **pH** y **densidad aparente (DA)**.

La **densidad aparente** se calculó mediante la relación entre la masa del suelo seco y el volumen del cilindro:

$$DA = \frac{M_s}{V_t}$$

donde **DA** es la densidad aparente (g cm^{-3}), **M_s** la masa del suelo seco (g) y **V_t** el volumen total del cilindro (cm^3) (Nelson & Sommers, 1996).

2.9. Análisis de los resultados

Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar y rango). La información florística se representó gráficamente para visualizar la tendencia temporal de la cobertura vegetal y la proporción de especies herbáceas y leñosas por parcela.

Los datos de suelo se compararon de manera cualitativa con la composición vegetal observada, identificando posibles asociaciones entre mayor cobertura y mejor condición edáfica (mayor MO, menor DA). De acuerdo con Brady & Weil (2016), la densidad aparente y el contenido de materia orgánica son indicadores confiables de la calidad del suelo y su capacidad para sostener comunidades vegetales diversificadas.

La interpretación de las especies dominantes se realizó bajo un enfoque agroecológico, considerando su función como bioindicadores del estado del suelo: las especies herbáceas pioneras se asociaron a suelos compactados y de baja humedad, mientras que las leguminosas perennes y especies de cobertura densa reflejaron suelos con mayor estabilidad estructural.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

En el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto, se examinaron cinco parcelas de 20 m × 20 m. La cobertura vegetal (%) fue calculada en cada parcela utilizando cinco subcuadrantes de 1 m². Para realizar análisis físico-químicos (como pH, densidad aparente y materia orgánica) se recolectó una muestra compuesta de suelo (0–20 cm) por parcela, como se explica en el capítulo de métodos.

El estudio de las cinco parcelas analizadas reveló variaciones significativas en la distribución de la vegetación, las características químicas del suelo y la densidad aparente.

	Cobertura (%)	Materia orgánica	Diversidad H	pH	Da
P1	100	3,02	2,425	6,7	1,1
P2	80	2,91	2,405	5,2	1,3
P3	78	3,16	2,031	7,1	1,4
P4	55	3,03	1,929	6,4	1,1
P5	87	2,5	2,194	6,5	1,2

Tabla 2 Propiedades físico-químicas del suelo por parcela

La cobertura mostró niveles que fluctúan entre el 55 % y el 100 %, donde la parcela P1 alcanzó el máximo con un 100 %, seguida por P2 con un 80 % y P5 con un 87 %, mientras que P4 tuvo el porcentaje más bajo, que fue del 55 %. Esta variación sugiere que las zonas con cobertura más amplia tienen asociadas condiciones menos alteradas y una estabilidad ecológica más elevada en el sistema, lo cual podría significar un gradiente potencial de intervención o conservación.

Los porcentajes de materia orgánica en la tierra oscilaron entre el 2,5 y el 3,16 %, lo cual indica un grado medio de fertilidad. La parcela P3 tuvo la concentración más alta de materia orgánica, con un 3,16 %, en tanto que la P5 tuvo la menor, con un 2,5 %. Estos descubrimientos señalan que el suelo tiene una capacidad moderada para almacenar nutrientes y es biológicamente activo, lo que se ve favorecido por la cobertura de vegetación existente.

El índice de diversidad de Shannon (H') varió entre 1,929 y 2,425, con un valor más alto en la P1 (2,425) y uno más bajo en la P4 (1,929). Esta tendencia indica que la diversidad de plantas se correlaciona positivamente con el nivel de cobertura, por lo que las parcelas con

vegetación más densa suelen presentar una mayor cantidad y distribución equitativa de especies, lo cual demuestra un equilibrio ecológico más sólido.

En cuanto al pH del suelo, los valores fluctuaron entre 5.2 y 7.1, lo que significa que estos suelos tienen un rango de acidez que va desde ligeramente ácidos hasta neutros. El pH más alto (7,1) fue registrado por P3, mientras que el más bajo (5,2) fue observado en P2. La mayoría de las especies vegetales propias de las áreas tropicales consideran estas condiciones como ventajosas, pues favorecen la disponibilidad de nutrientes.

La densidad aparente (Da) fluctúa entre 1.1 y 1.4 g/cm³, evidenciando una correlación inversa con el volumen de vegetación. Las parcelas P3 y P4, que tenían menor cobertura, mostraron las cifras más altas de densidad (1,4 y 1,1 g/cm³ respectivamente), lo que podría sugerir una cierta compactación del suelo, así como una disminución de su porosidad y capacidad de infiltración. En contraste, las parcelas con mayor cobertura reflejaron valores más bajos, indicando una estructura más suelta que favorece el crecimiento de las raíces.

Especie	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Abutilon pauciflorum</i>	35	40	0	0	0
<i>Alternanthera polygonoides</i>	41	0	0	0	0
<i>Amaranthus quitensis</i>	40	0	0	0	0
<i>Amaranthus spinosus</i>	48	0	72	0	0
<i>Ammannia coccínea</i>	0	0	0	56	0
<i>Azadirachta indica</i>	0	0	0	40	40
<i>Bastardia viscosa</i>	72	0	0	56	24
<i>Brachiaria mutica</i>	285	136	140	0	95
<i>Centrosema pubescens</i>	0	60	0	0	0
<i>Commelina erecta</i>	0	56	0	0	0
<i>Cordia lutea</i>	40	32	56	48	32
<i>Cyperus esculentus</i>	150	0	60	0	122
<i>Datura stramonium</i>	0	0	0	69	0
<i>Digitaria insularis</i>	0	59	0	0	0
<i>Echinochloa crussgalli</i>	0	0	0	0	40
<i>Evolvulus convolvuloides</i>	23	45	0	0	0
<i>Heliotropium indicum</i>	61	0	73	0	0
<i>Laportea aestuans</i>	70	0	0	0	0
<i>Leptochloa filiformis</i>	0	64	0	0	60
<i>Leptochloa scabra</i>	0	0	0	0	69
<i>Lolium multiflorum</i>	0	0	0	0	52
<i>Microstegium vimineum</i>	0	0	239	0	0
<i>Mimosa pudica</i>	0	0	0	56	0
<i>Panicum máximum</i>	0	80	94	0	56
<i>Parthenium Hysterophorus</i>	102	0	56	0	0

<i>Persicaria chinensis</i>	33	0	0	0	0
<i>Phyla Strigulosa</i>	0	56	0	0	0
<i>Physalis angulata</i>	40	0	0	0	0
<i>Sesbania exaltata</i>	0	0	0	40	0
<i>Solanum nigrum</i>	48	0	0	0	0
<i>Synedrella Nodiflora</i>	0	40	0	0	0
<i>Tridax procumbens</i>	0	84	40	0	0
	1088	752	830	365	590

Tabla 3 Inventario florístico y presencia por parcela

El inventario florístico realizado en las cinco parcelas del agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto permitió identificar una notable variabilidad en la composición y abundancia de especies vegetales (Tabla 3). En total se registraron 31 especies pertenecientes a 28 géneros, con un total de 3.625 individuos, distribuidos de manera heterogénea entre las parcelas evaluadas.

Se registraron 31 especies de 28 géneros, con 3.625 individuos en total, repartidos de forma desigual entre las parcelas analizadas.

P1 fue la parcela que tuvo el mayor número total de individuos (1.088), después le siguieron P3 (830), P2 (752), P5 (590) y, por último, P4 (365). Esta distribución muestra una discrepancia en la estructura vegetal, probablemente debido a las condiciones del suelo, al manejo del terreno y al nivel de cobertura vegetal existente en cada parcela.

Brachiaria mutica fue la especie más representativa, con presencia en cuatro parcelas (P1, P2, P3 y P5) y una notable abundancia, particularmente en la parcela 1 (285 individuos), en cuanto a dominancia específica. Esta especie de gramínea, que crece rápidamente, suele poblar zonas abiertas, lo que demuestra su habilidad para adaptarse a condiciones de manejo agropecuario intensivo o alteradas.

Microstegium vimineum (239 ejemplares en P3), *Cyperus esculentus* (332 ejemplares en P1, P3 y P5) y *Parthenium hysterophorus* (158 ejemplares en P1 y P3) son otras especies que tuvieron una gran representación. Estas especies tienen rasgos colonizadores y oportunistas, lo que indica que el área está experimentando procesos de regeneración secundaria o ha sido influenciada recientemente por la actividad humana.

La variedad de especies vegetales no se distribuyó uniformemente entre las parcelas. La parcela P1 tuvo la mayor diversidad de especies (13 en total) y la parcela P4, la menor (6 en total). Parcelas que tenían una densidad aparente más baja y una cobertura vegetal más alta

(por ejemplo, P1 y P2) mostraron una tendencia a tener mayor diversidad de especies arbustivas y herbáceas, lo cual se alinea con el índice de Shannon (H'), donde estos espacios presentaron los valores más elevados.

Además, la aparición de especies arbóreas como *Cordia lutea* y *Azadirachta* indica en las parcelas P4 y P5 sugiere que el proceso de sucesión vegetal está más desarrollado o que el componente leñoso se ha recuperado, lo cual podría estar relacionado con una disminución de las alteraciones o con un manejo menos intensivo del suelo.

La composición florística, en términos generales, mostró una mezcla de especies nativas y exóticas, con un predominio sobre todo de gramíneas y herbáceas anuales. Esto es lo que distingue a los sistemas en transición agroecológica. La coexistencia de especies indicadoras de disturbio (como *Parthenium hysterophorus* y *Amaranthus spinosus*) con especies de porte leñoso sugiere un mosaico ecológico dinámico, donde las condiciones del suelo y el manejo humano determinan la estructura y diversidad de la vegetación.

	P1	P2	P3	P4	P5
Taxa_S	15	12	9	7	10
Individuals	1088	752	830	365	590
Dominance_D	0,1198	0,09841	0,1561	0,1477	0,1233
Simpson_1-D	0,8802	0,9016	0,8439	0,8523	0,8767
Shannon_H	2,425	2,405	2,031	1,929	2,194
Margalef	2,002	1,661	1,19	1,017	1,411
Equitability_J	0,8955	0,968	0,9244	0,9914	0,9529

Tabla 4 Cálculo de índices de biodiversidad

Los índices ecológicos calculados para las cinco parcelas (Tabla 4) evidencian diferencias en la riqueza, equitatividad y dominancia de las comunidades vegetales presentes en el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto.

El rango de especies (S) osciló entre 7 y 15. La parcela más rica fue P1, con 15 especies; después le siguieron P2, con 12, y P5, con 10. Por último, la menor riqueza se observó en P4, que tuvo solamente 7 especies. Se observa que esta tendencia tiene concordancia con las condiciones físicas del terreno y la cobertura vegetal, en donde las parcelas con mayor cobertura y menor densidad aparente presentaron una vegetación más variada y organizada.

En la mayoría de las parcelas, el índice de dominancia de Simpson (D) mostró cifras entre 0.098 y 0.156, lo cual señala una baja dominancia específica. Una comunidad vegetal más equilibrada es representada por los valores más bajos en P2 (0,098) y P1 (0,119), mientras

que una concentración de abundancia en unas pocas especies dominantes, como *Ammannia coccinea* y *Microstegium vimineum*, es lo que indican las cifras más altas en P3 (0,156) y P4 (0,147).

Esta tendencia fue corroborada por el índice de diversidad de Simpson (1-D), que mostró cifras altas en P2 (0,9016) y P1 (0,8802). Esto demuestra una alta posibilidad de hallar individuos de especies diferentes al azar, lo cual es indicativo de ecosistemas más diversos y resilientes.

El índice de Shannon-Wiener (H') mostró, a su vez, cifras que iban desde 1,929 hasta 2,425. El valor más alto se observó en P1 (2,425) y en P2 (2,405). Estos hallazgos apuntan a una notable diversidad de especies en las parcelas con más cobertura vegetal, pero en las parcelas P3 y P4 se observaron los valores más reducidos (1,929 y 2,031), vinculados a una dominancia superior de ciertas plantas herbáceas y a una menor riqueza.

El índice de Margalef, que evalúa la riqueza específica corregida por la cantidad de individuos, también tuvo un valor más alto en P1 (2.002) y uno más bajo en P4 (1.017), lo cual reafirma el patrón que se encontró en la riqueza total.

En todas las parcelas, los valores de la equitatividad de Pielou (J') fueron elevados (0,89–0,99), lo que señala una distribución bastante homogénea de los individuos. El valor más elevado fue el de P4 (0,991), lo cual indica que, aun teniendo menor riqueza, las especies presentes se distribuyen con mayor equidad en cuanto a abundancia.

Las parcelas que tienen más cobertura vegetal y condiciones edáficas óptimas (P1 y P2) albergan comunidades más variadas, equilibradas y ecológicamente estables, según el análisis de los resultados de los índices de biodiversidad. Por el contrario, las parcelas con menor cobertura (P3 y P4) muestran signos de simplificación estructural y dominancia específica, posiblemente asociados a procesos de perturbación o manejo agrícola más intensivo.

	Cobertura	Diversidad Shannon	Materia orgánica	pH	Da
Cobertura	1	0,798820	-0,250960244	0,11335287	0,01168
Diversidad Shannon	0,7988202	1	-0,212010481	-0,47387256	-0,0728
Materia orgánica	-0,2509602	-0,2120105	1	0,23366107	0,19398
pH	0,1133529	-0,4738726	0,233661072	1	
Da	0,0116798	-0,0728412	0,193983041	-0,02154277	1

Tabla 5 R de Pearson

El análisis de correlación de Pearson (Tabla 5) permitió determinar las relaciones lineales entre las variables edáficas (materia orgánica, pH y densidad aparente) y las variables biológicas (cobertura vegetal y diversidad de Shannon). En términos generales, los valores obtenidos reflejaron correlaciones de diferentes magnitudes, tanto positivas como negativas; esto posibilita la comprensión de las interacciones ecológicas existentes en el agroecosistema.

Se notó una correlación positiva alta ($r = 0,79$) entre la diversidad de Shannon y la cobertura vegetal, lo que señala que la diversidad de especies se incrementa conforme aumenta la cobertura vegetal. Esta relación corrobora que la cobertura es un factor crucial para la heterogeneidad estructural y la existencia de nichos ecológicos para varias especies. Este resultado concuerda con los valores que se habían observado antes en los índices de biodiversidad, en los cuales las parcelas que tenían más cobertura (P1 y P2) mostraron también los niveles más altos de diversidad.

En contraste, la materia orgánica exhibió correlaciones negativas de baja intensidad con la diversidad ($r = -0,21$) y cobertura ($r = -0,25$), lo que indica que su variación no se encuentra directamente relacionada con la estructura de la vegetación, sino con otros elementos como el tipo de vegetación predominante, el suministro de desechos o el tratamiento anterior del suelo. No obstante, la correlación positiva ($r = 0,23$) entre el pH y la materia orgánica sugiere que un pH más neutro podría ayudar a estabilizar y descomponer la materia orgánica en el suelo.

La correlación entre la diversidad y el pH fue negativa y moderada ($r = -0,47$), lo que indica que cuando los suelos son más alcalinos, la diversidad tiene una tendencia a disminuir. Esto puede ser porque los niveles de pH más elevados restringen el desarrollo de algunas especies que se han adaptado a condiciones ligeramente ácidas, lo cual disminuye la riqueza de la flora.

La densidad aparente (D_a), por otro lado, no presentó correlaciones relevantes con las otras variables (r entre $-0,07$ y $0,19$). Esto sugiere que la compactación del suelo no influyó de manera directa en la diversidad ni en la cobertura vegetal bajo las condiciones analizadas. No obstante, su conducta general indica una ligera propensión a incrementar en terrenos con menos materia orgánica, lo cual concuerda con los procesos de compactación vinculados a la pérdida de agregados orgánicos.

Los resultados del análisis de Pearson evidencian que la cobertura vegetal actúa como variable clave para la conservación de la biodiversidad, manteniendo una relación directa y significativa con el índice de Shannon. Esto refuerza la importancia del manejo de la vegetación en los agroecosistemas como estrategia para mejorar la salud del suelo, la estabilidad estructural y la funcionalidad ecológica general.

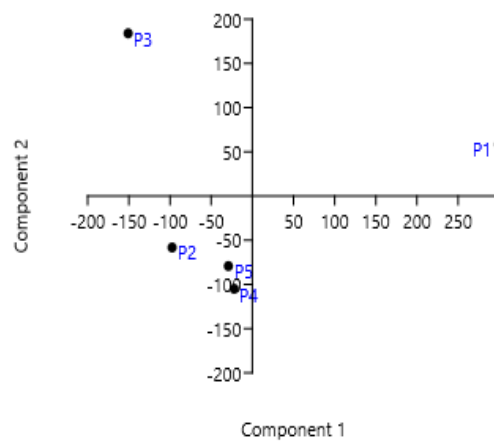


Figura 4 Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) permitió sintetizar la variabilidad de las variables ambientales y biológicas evaluadas en las cinco parcelas del agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto (Figura 4). La representación bidimensional de los dos primeros componentes explicó la mayor parte de la varianza total del conjunto de datos, evidenciando una diferenciación clara entre las parcelas según sus características ecológicas.

En el gráfico se observa que la parcela P1 se encuentra claramente separada hacia el eje positivo del Componente 1, lo que indica un comportamiento distintivo respecto a las demás parcelas. Esta separación se asocia principalmente con los valores elevados de cobertura vegetal, materia orgánica y diversidad de Shannon, variables que contribuyen positivamente a este componente. Dichos resultados confirman que P1 presenta las condiciones más favorables para el desarrollo vegetal y la estabilidad del suelo dentro del sistema estudiado.

Por el contrario, las parcelas P2, P4 y P5 se agrupan en la zona inferior izquierda del gráfico, reflejando valores intermedios o bajos de las variables ecológicas analizadas. Esta cercanía espacial indica una mayor similitud entre ellas en cuanto a composición florística,

estructura y condiciones edáficas. La menor diversidad y los mayores valores de densidad aparente en el Componente 1 y 2 pueden estar vinculados con posiciones negativas, elementos que restringen el crecimiento de la vegetación y disminuyen la heterogeneidad ecológica.

La parcela P3, situada en el cuadrante superior izquierdo, es diferente de las parcelas anteriores. Esto indica que sus condiciones edáficas son diferentes, sobre todo su nivel de pH neutro y una densidad aparente más alta. Estos factores podrían ser la razón por la cual su variedad y composición vegetal específica son inferiores.

En conjunto, el ACP evidenció una clara separación entre las parcelas con alta cobertura y diversidad (P1) y aquellas con condiciones de suelo más compactadas y menor riqueza florística (P2–P5). Este patrón reafirma la influencia directa de la cobertura vegetal sobre las propiedades físicas del suelo y la biodiversidad, mostrando que la conservación de la vegetación contribuye significativamente a la estabilidad ecológica del agroecosistema.

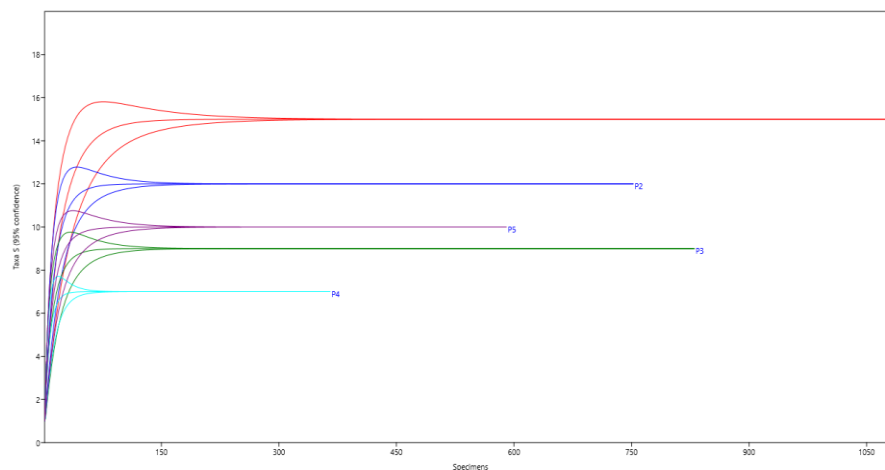


Figura 5 Curva de rarefacción

Se utilizó la curva de rarefacción o de acumulación de especies (Figura 5) para examinar la riqueza florística documentada en cada parcela del agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto y confirmar la representatividad del muestreo efectuado.

En todos los casos, las curvas exhibieron una tendencia asintótica, lo que señala que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para capturar la mayoría de la diversidad existente en cada parcela. La pendiente de las curvas va disminuyendo paulatinamente cuando se aumenta la cantidad de personas muestreadas, lo que indica que se estabiliza la probabilidad de hallar nuevas especies.

La curva más alta entre las parcelas fue la de P1, que tuvo una riqueza máxima de 15 especies. Después se ubicó P2 con 12 especies, luego P5 con 10, después P3 con 9 y por último P4 con 7 especies. Los valores de riqueza (Taxa S) reportados en la Tabla 4 son semejantes a este patrón.

La curva de P1, aparte de llegar a la mayor cantidad de especies, presentó en sus comienzos una inclinación acentuada, lo que sugiere que hubo una tasa elevada de aparición de especies nuevas entre los primeros individuos muestreados. Esto indica una comunidad más variada y diversa, probablemente relacionada con un suelo que posee condiciones físicas y químicas más favorables y una cobertura vegetal densa.

En cambio, las parcelas P3 y P4 mostraron curvas más bajas que se estabilizaron rápidamente, lo cual indica que la comunidad está dominada por un número reducido de especies abundantes y tiene una menor heterogeneidad florística. En particular, la curva de P4 llegó a la asíntota más pronto, lo que confirma su escasa riqueza específica y la simplificación estructural de su vegetación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto confirman la existencia de una relación estrecha entre la cobertura vegetal, la diversidad florística y las propiedades edáficas, coherente con lo señalado en la literatura agroecológica. Según la FAO (2025) y Altieri (1999), una cobertura adecuada protege el suelo frente a la erosión, mejora la infiltración y promueve la acumulación de materia orgánica. De acuerdo con esto, las parcelas P1 y P2, que mostraron más cobertura, también tuvieron una mejor condición física (una densidad aparente más baja) y biológica (una diversidad de Shannon más alta), lo que demuestra un impacto positivo de la vegetación en la salud del suelo.

Igualmente, la correlación positiva entre diversidad y cobertura ($r = 0,79$) está de acuerdo con las premisas de Bennett y Klironomos (2018), quienes exponen que hay un ciclo de retroalimentación entre las funciones del suelo y la variedad vegetal: una vegetación rica en diversidad optimiza la estructura, la fertilidad y el microbiota del suelo, a su vez que un terreno saludable propicia que se formen comunidades vegetales más diversas. Se pudo ver esta retroalimentación en Manglaralto, donde las zonas con más cobertura conservaron suelos más equilibrados y comunidades más estables.

Por otro lado, las parcelas con una cobertura más baja (P3 y P4) presentaron mayor densidad aparente y menor diversidad. Este patrón coincide con los hallazgos de Álvarez y

Taboada (2013), quienes señalan que la compactación del suelo limita el crecimiento de las raíces y disminuye la infiltración, lo que tiene un impacto en la composición vegetal. Esta circunstancia también está relacionada con lo que Zhang et al. (2022) describieron: los suelos degradados tienen una capacidad reducida para mantener comunidades vegetales variadas y una actividad biológica disminuida.

Bautista y Hernández (2021) afirmaron que los niveles de materia orgánica (2,5-3,16%) eran más bajos que los ideales para suelos con una cobertura densa (>4%). Este descubrimiento indica que, a pesar de que la vegetación ayuda a enriquecer la fertilidad y la estructura, aún hay una escasa inclusión de residuos vegetales y reciclaje de nutrientes en el campo de estudio. Por lo tanto, se necesita reforzar prácticas de gestión orgánica (por ejemplo, el compost y los abonos verdes) con el fin de optimizar la estructura del suelo y acelerar la acumulación de materia orgánica, siguiendo las sugerencias de Assis y Sánchez-Castillo (2023) acerca de cómo la vegetación ayuda a regenerar el suelo y a prevenir la erosión.

El rango que la FAO (2025) establece para el desarrollo vegetal y la actividad microbiana es de 5.2 a 7.1, y los valores del pH del suelo se encuentran dentro de ese rango. No obstante, la correlación negativa entre el pH y la diversidad ($r = -0,47$) concuerda con lo que afirma López Fando (2024), que sostiene que suelos más alcalinos pueden restringir el desarrollo de especies que se han adaptado a entornos algo ácidos, disminuyendo así la riqueza florística. Este hallazgo resalta que es crucial conservar un balance químico apropiado del suelo para promover la coexistencia de especies.

Las comunidades son relativamente equilibradas, sobre todo en P1 y P2, según se evidencia a partir de los índices de biodiversidad calculados (Shannon, Simpson, Margalef y Pielou). La distribución equitativa de especies, que se observa en los altos valores de equidad ($J' > 0.89$), es consistente con la teoría de Magurran (2021), quien sostiene que una gran equidad refleja estabilidad ecológica y capacidad de recuperación ante perturbaciones. Sin embargo, el hecho de que Manglaralto se ubique en un periodo intermedio de restauración ecológica, probablemente restringido por la escasa lluvia y la gestión anterior del terreno, se evidencia a través de que su riqueza total es menor en comparación con los datos reportados para agroecosistemas semiáridos diversificados (hasta 25 especies) por Vicente y Sarandón (2023).

La composición florística dominada por gramíneas y herbáceas pioneras (*Brachiaria mutica*, *Amaranthus spinosus*, *Parthenium hysterophorus*) refleja procesos de regeneración secundaria, tal como describen Sarandón y Flores (2014) y Restrepo et al. (2000) para sistemas agroecológicos en transición. Sin embargo, la presencia de especies leñosas como *Azadirachta indica* y *Cordia lutea* en P4 y P5 sugiere el inicio de una sucesión ecológica, coherente con los procesos de recuperación señalados por Betancourt (2016) en ecosistemas secos ecuatorianos.

Tanto el ACP (análisis de componentes principales) como las curvas de acumulación de especies corroboraron que el muestreo era representativo y que entre las parcelas había un gradiente ecológico. Los resultados son consistentes con las afirmaciones de Kent (2012) y Moreno & Halffter (2001) acerca de la eficacia de las herramientas multivariadas y de rarefacción para analizar la estructura floral en investigaciones de campo. El agrupamiento de P2–P5 sugiere condiciones de manejo y perturbación semejantes, mientras que la división de P1 en el eje principal del ACP corrobora su mejor condición ecológica y la relación directa entre la cobertura y la estructura del suelo.

En resumen, los hallazgos en Manglaralto coinciden en parte con los resultados de la literatura revisada. Se verifica la conexión positiva entre la diversidad, la calidad del suelo y la cobertura vegetal que autores como Altieri (1999) y Bennett y Klironomos (2018) han planteado; no obstante, los valores intermedios de materia orgánica y la escasa riqueza específica muestran que el proceso de restauración ecológica del suelo todavía está en curso. Este comportamiento se puede deber a la falta de materia orgánica, las condiciones semiáridas del lugar y la historia de prácticas agrícolas. Tal como advierte Brady & Weil (2016), la recuperación del suelo en ecosistemas secos requiere tiempo y la combinación de estrategias biológicas y de manejo.

Por lo tanto, el estudio demuestra que la diversidad vegetal constituye un indicador sensible del estado del suelo, pero su efecto pleno depende de una gestión agroecológica sostenida que integre la vegetación, la materia orgánica y el control de la compactación. Estas conclusiones coinciden con lo planteado por Zhang et al. (2022) y Bhaduri et al. (2022), quienes destacan que la conservación de la diversidad florística no solo fortalece la resiliencia del sistema, sino que también incrementa la capacidad del suelo para mantener su productividad a largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar una relación directa entre la calidad del suelo y la vegetación presente en el agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto. Las parcelas con mayor cobertura vegetal y contenido de materia orgánica presentaron condiciones físicas más favorables, caracterizadas por una menor densidad aparente y mejor aireación, lo que sugiere una dinámica edáfica activa y un equilibrio ecológico más estable.

Además, se demostró que la materia orgánica es un componente esencial para determinar si el suelo está sano, debido a su impacto en la creación de agregados, la porosidad y la conservación de humedad. En comparación, las zonas que tienen una cobertura más baja y una compactación más alta exhibieron restricciones para el crecimiento de las plantas, lo cual indica un deterioro gradual de la estructura del suelo.

Los valores de pH fluctuaron entre condiciones levemente ácidas y alcalinas, lo que indica que el manejo previo del suelo y la vegetación han ejercido una influencia sobre su equilibrio químico. En resumen, los hallazgos sugieren que la variedad florística y la cobertura de vegetación pueden ser empleadas como indicadores agroecológicos fiables acerca del estado sanitario del suelo en zonas semiáridas.

Recomendaciones

- ✓ Promover la cobertura vegetal a través de la conservación o siembra de especies autóctonas adaptadas a condiciones secas, con el objetivo de proteger al suelo contra la erosión y optimizar su estructura física.
- ✓ Incluir prácticas de gestión agroecológica que promuevan la acumulación de residuos orgánicos, tales como el compostaje, la labranza mínima y el empleo de abonos verdes.
- ✓ Disminuir la densidad aparente y conservar una porosidad apropiada evitando la circulación excesiva de maquinaria o personas sobre los suelos, particularmente en áreas con suelos compactados.
- ✓ Como parte del monitoreo agroecológico del Centro de Apoyo, se deben llevar a cabo observaciones periódicas de los indicadores florísticos y edáficos (pH, densidad aparente, diversidad vegetal, riqueza y materia orgánica).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Altieri, M. A., 1999. *AGROECOLOGIA*. Para esta edición ed. Montevideo: Nordan–Comunida.
- Álvarez, C. R. & Taboada, M. A., 2013. *Indicadores de la fertilidad física del suelo*, s.l.: Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes.
- Assis, T. C. d. & Sánchez-Castillo, L., 2023. Las plantas: una estrategia para prevenir la erosión del suelo. *Ciencia UANL*, 26(118), pp. 1-3.
- Bautista, J. I. & Hernández, J. J. A., 2021. Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación. *Revista Ingeniería y Región*, Volumen 21, pp. 1-9.
- Bennett, J. A. & Klironomos, u., 2018. *Mecanismos de retroalimentación planta-suelo: interacciones entre impulsores bióticos y abióticos*. s.l.:Nuevo fitólogo.
- Berdugo, L. M. L. & Rangel, J. O., 2015. Composición florística del bosque tropical seco del santuario “los besotes” y fenología de especies arbóreas dominantes (Valledupar,Cesar, Colombia). *Colombia forestal*, 18(1), pp. 87-103.
- Betancourt, D. R. C., 2016. *Composición florística, estructura y estimación de la biomasa vegetal de los páramos de Cajanuma, Parque Nacional Podocarpus*, Loja: Universidad Nacional Loja.
- Bhaduri, D. y otros, 2022. *A review on effective soil health bio-indicators for ecosystem restoration*, s.l.: Frontiers in Microbiology.
- Brady, N. & Weil, R., 2016. *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed. ed. s.l.:Pearson Education..
- Calderón, M. C. L., Gina P Bautista, M. & Salvador Rojas, G., 2018. Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2), pp. 141-157.
- Carlosama, R. J. C. & Mora, R. S., 2014. *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad del suelo en sistemas de manejo agrícola, ganadero y silvopastoril, evaluados en la reserva natural milagros vereda bellavista, municipio de sibundoy, putumayo*, putumayo: instituto tecnológico del putumayo.
- Cherlinka, V., 2025. *Cultivos De Cobertura: Tipos Y Beneficios*. [En línea] Available at: <https://eos.com/es/blog/cultivos-de-cobertura/>

- Díaz, S. y otros, 2016. The global spectrum of plant form and function.. *Nature*, 529(7585), p. 167–171..
- Doran, J. & Zeiss, M. R., 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality.. *Applied Soil Ecology*, 15(1), pp. 3-11.
- FAO, 1996. *ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL*. Sra Alicia Chiappini y Dr Friedrich M. ed. ROMA: Estudio FAO Montes.
- FAO, 2004. *Manejo de malezas para países en desarrollo*, Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.
- FAO, 2015. *Los suelos constituyen la base de la vegetación*, s.l.: FAO.
- FAO, 2020. *Soil testing methods manual*. 1 ed. Rome, Italy: Soil Doctors Global Programme.
- FAO, 2022. *Agricultura de Conservación*, Roma: FAO.
- FAO, 2025. *Cobertura vegetal del suelo*. [En línea] Available at: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
- Felices, K. B. & Hernández, J. S., 2020. Contribución del enfoque de la agroecología en el funcionamiento y estructura de los agroecosistemas integrados. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*, 43(2), pp. 102-111.
- Gliessman, S., 2004. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. 2nd ed. s.l.:CRC.
- Gonzalez, D. E. y otros, 2024. Predicción de la humedad del suelo mediante aprendizaje por transferencia: Una aplicación en los Altos Andes Tropicales. *Water*, 16(832), pp. 2-22.
- Gortaire, R., 2017. *Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros, y desafíos*, Ecuador: Antropología Cuadernos de Investigación.
- Guzmán, R., Bezada, M. & Rodriguez, I., 2023. *CARTOGRAFÍA DE COBERTURA DEL SUELO MEDIANTE DATOS DE TELEDETECCIÓN EN LA PLANICIE DE DESBORDE DEL RÍO APURE (VENEZUELA)*, Venezuela: Geographical Research Letters.
- Harlan, S. L. y otros, 2025. *Regulación del microclima*. [En línea] Available at: https://energy-sustainability--directory-com.translate.google.com/term/microclimate-regulation/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=tc
- Kent, M., 2012. *Vegetation Description and Data Analysis: A Practical Approach*., s.l.: 9600 Garsington Road, Oxford, OX4 2DQ, UK.

- Kent, M., 2012. *Vegetation Description and Data Analysis: A Practical Approach*, s.l.: Wiley-Blackwell..
- Lavelle, P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), pp. S3-S15.
- López Fando, M. B. B. C. M. a. R. D., 2024. *Soil health – a perspective*, *Frontiers in Soil Science*, s.l.: 2.
- Maes, J., 2018. *Agroecosystems*, *Biodiversity Information System for Europe*, s.l.: s.n.
- Magurran, A., 2013. *Measuring Biological Diversity*, s.l.: Wiley-Blackwell..
- Magurran, A. E., 2021. *Measuring biological diversity*, s.l.: Blackwell Publishing..
- Moreno, C. E., 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*, s.l.: M&T Manuales y Tesis SEA..
- Mueller-Dombois, D., 1996. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*, s.l.: Researchgate.
- Nelson, D. & Sommers, L., 1996. *otal Carbon, Organic Carbon, and Organic*, s.l.: s.n.
- Neyton, S., Dana, A. & Jean Pierre, S., 2018. *Agroecosystem : Definition*.. [En línea]
Available at: <https://dicoagroecologie.fr/en/dictionnaire/agroecosystem/>
- Orrala, J. R. V., 2017. *Comportamiento productivo de nueve genotipos de cacao (theobroma cacao. L) en el quinto año de producción en el centro de producción y prácticas manglaralto de la Upse*, La Libertad: Upse.
- Platas-Rosado, D. E. y otros, 2017. UN ANÁLISIS TEÓRICO PARA EL ESTUDIO DE LOS AGROECOSISTEMAS. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), pp. 395-399.
- Precisagro, 2021. *Salud del suelo*. [En línea]
Available at: <https://precisagro.com.ec/salud-del-suelo/>
- Regalado, C. N. M., 2009. Detección de especies indicadoras de condiciones de hábitats. En: E. MORENO, ed. *La biodiversidad en un mundo cambiante*. Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, pp. 223-235.
- Rendón, P. S. y otros, 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), pp. 5793-5802.
- Restrepo, J., Angel, D. & Martín, P., 2000. *Agroecología*, Colombia: FIDAR (Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola).
- Revilla, A. R., 2016. *¿Qué son los servicios ecosistémicos?*. [En línea]
Available at: <https://www.creaf.cat/es/articulos/que-son-los-servicios-ecosistemicos>

- Sáenz, Á., 2022. *Blogs de Extensión de la Universidad de Maryland*. [En línea] Available at: <https://extensionesp.umd.edu/2022/08/15/factores-bioticos-y-abioticos-como-afectan-mis-cultivos/>
- Sáenz, L. G. L., Guevara, H. F., González, C. A. A. & La O, A. M. A., 2023. Agroecosistemas tradicionales del trópico mexicano: Los “bajíos” de Chiapas y sus características en el contexto actual. *Revista de Ciencias Sociales*, XXIX(2), pp. 108-122.
- Sarandón, S. J. & Flores, C. C., 2014. *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Primera edición ed. Argentina: Edulp (Editorial de la Universidad de la Plata).
- Tomalá, K. L. P., 2021. *Composición, Estructura Y Diversidad Florística Del Bosque Seco En La Comuna Aguadita-San Marcos, De La Provincia De Santa Elena*, La libertad: UPSE.
- Valdivia., E. D. O., 2022. *Reserva de carbono de los suelos en la cuenca manglaralto, Península De Santa Elena*, La Libertad: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.
- Vicente, L. A. & Sarandón, S. J., 2023. Conocimiento y valoración de la vegetación espontánea por agricultores hortícolas de La Plata, Argentina. Su importancia para la conservación de la agrobiodiversidad. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 8(3), pp. 57-71.
- Zhang, Y., Liu, X., Zhao, S. & He, J. (., 2022. *Plant diversity enhances soil microbial activity and nutrient cycling in agroecosystems*, s.l.: Applied Soil Ecology.

ANEXOS



Anexo 1 Recolección de muestras



Anexo 3 Toma de pH



Anexo 2 Toma de coordenadas



Anexo 4 *Microstegium Vimineun*



Anexo 5 *Alternanthera Polygonoides*



Anexo 6 *Panicum Máximum*



Anexo 7 Lugar de toma de parcelas