UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO COMO INDICADORES DE LA CALIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN MONZÓN.

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

LUCIA DELSY HUAMANCAYO YSMINIO

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°071-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de febrero de 2025, a horas 10:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

"'PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO COMO INDICADORES DE LA CALIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN MONZÓN"

Presentado por la Bachiller: **HUAMANCAYO YSMINIO, LUCIA DELSY** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **"BUENA".**

En consecuencia, la sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de junio de 2025

Ing. MSc. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE

Ing. MSc. JOSE DIONISIO ARMAS
MIEMBRO

Ing. MSc. GUNTER DAZA PANDURO
MIEMBRO

Ing. MSc. BRAYAN ANDRE CALDAS DE LA CRUZ
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 199 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO COMO INDICADORES DE LA CALIDAD EN SISTEMAS AGROFORESTALES EN MONZÓN.	LUCIA DELSY HUAMANCAYO YSMINIO	18 % Dieciocho

Tingo María, 25 de junio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomás Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

Título	: Propiedades químicas y biológicas del suelo como indicadores de la calidad en Sistemas agroforestales en Monzón.
Programa de investigación	: Gestión de bosques y plantaciones forestales
Línea de investigación	: Silvicultura, dendrologia, manejo y ordenación forestal
Eje temático	: Sistemas agroforestales
Autor	: HUAMANCAYO YSMINIO, Lucia Delsy
Asesor (es)	: Ing. M. Sc. CALDAS DE LA CRUZ, Bryan
Lugar de ejecución	: MONZON
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: s/. 3 331,00

FEDU: No

Propio: SI

Otros: No

Tingo María- Perú

Enero, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía en toda etapa de mi vida, por darme fortaleza en los momentos más difíciles.

Este trabajo a mis amados padres, Fernando Isauro Huamancayo Colque, Romelia Ysminio Gómez y Pedro Donato Huamancayo Colque, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo en cada paso de mi vida. Agradezco profundamente su amor incondicional, esfuerzo y sacrificio, que me han permitido alcanzar este logro.

A mis queridos hermanos, Geraldine Gris Huamancayo Ysminio y Nadia Paola Huamancayo Ysminio. Su amor, complicidad y aliento han sido un sostén invaluable en mi vida. A través de risas compartidas, momentos difíciles superados juntos y el vínculo inquebrantable que nos une, ustedes han sido mi mayor inspiración. Gracias por estar siempre a mi lado, los llevo en mi corazón en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su invaluable apoyo y orientación a lo largo de mi formación académica.

A mi asesor, el Ing. Mg. Sc. Brayan Caldas de la Cruz, por su guía, paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia, dedicación y valiosos comentarios han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Gracias por compartir su conocimiento y por motivarme a superar cada desafío que se presentó en este camino.

A Deyver Salgado Veramendi y Rubert Serna Ortega, por su invaluable apoyo durante la ejecución de este proyecto y la recolección de datos. Su compromiso, colaboración y disposición fueron esenciales para llevar a cabo esta investigación. Agradezco sinceramente el tiempo y el esfuerzo que dedicaron para contribuir al desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1. Marco teórico 4
2.1.1. Sistemas agroforestales 4
2.1.2. El suelo 5
2.1.3. Propiedades químicas del suelo 5
2.1.4. Propiedades biológicas del suelo 8
2.1.5. Importancia biológica del suelo 13
2.2. Estado del arte 14
3.1. Lugar de ejecución 19
3.1.1. Ubicación política 19
3.1.2. Ubicación geográfica 19
3.1.3. Acceso 19
3.2. Materiales 19
3.2.1. Materiales y equipos de campo 19
3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio 20
3.3. Método 20
3.3.1. Indicadores químicos de sistemas agroforestales 20
3.3.2. Indicadores biológicos de sistemas agroforestales 20
3.4. Características de investigación 23
3.4.1. Tipo de investigación 23
3.4.2. Nivel de investigación 23
3.4.3. Diseño de investigación 24
3.4.4. Variables 24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
4.1. Indicadores químicos del suelo de los sistemas agroforestales como: ph, materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio 25
4.2.1. Densidad de macrofauna (ind/m^2) 27
4.2.2. Biomasa de macrofauna (g/m^2) 29
4.2.3. Diversidad de macrofauna 31

V. CONCLUSIONES 35
VI. PROPUESTAS A FUTURO 36
VI. REFERENCIAS 37
ANEXO 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla **Página**

1. Propiedades químicas del suelo a evaluar 20
2. Indicadores químicos en los sistemas agroforestales 25
3. Densidad de macrofauna (ind/m2) en los sistemas agroforestales 28
4. Biomasa de macrofauna por parcela y profundidades (g/m2) 30
5. Diversidad alfa de macrofauna edáfica en las parcelas de SAF 32
6. Individuos y biomasa de macrofauna en la primera parcela 44
7. Individuos y biomasa de macrofauna en la segunda parcela 44
8. Individuos y biomasa de macrofauna en la tercera parcela 45
9. Individuos y biomasa de macrofauna en la cuarta parcela 45
10. Individuos y biomasa de macrofauna en la quinta parcela 46
11. Individuos y biomasa de macrofauna en la sexta parcela 46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura **Página.**

1. Delimitación de los monolitos en los sistemas agroforestales 21
2. Indicadores químicos promedios de los sistemas agroforestales..... 26
3. Valores promedio de la densidad de macrofauna por profundidades..... 29
4. Biomasa de macrofauna (g/m2) en profundidades 31
5. Representación grafica de los índices de diversidad alfa 33
6. Delimitación de las parcelas dentro de los SAFs 47
7. Toma de muestras para análisis químico del suelo..... 47
8. Delimitación de los puntos para muestra de macrofauna 48
9. Obtención de muestras a tres profundidades 48
10. Separación de muestras por profundidad..... 49
11. Muestras de macrofauna edáfica para su identificación 49
12. Análisis de suelos obtenida por el Laboratorio de análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología 50
13. Análisis de macrofauna edáfica……..47

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar las propiedades químicas y biológicas del suelo como indicadores de calidad en sistemas agroforestales en Monzón, estableciendo seis parcelas y utilizando muestreo en zig-zag para analizar el pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Los resultados indicaron que las propiedades químicas requieren un manejo agronómico específico, con un pH promedio de 4.2, niveles de nitrógeno de 0.13%, fósforo de 6.41 ppm y materia orgánica de 2.55%, condiciones que pueden limitar el rendimiento agrícola y sugieren la necesidad de prácticas que optimicen la disponibilidad de nutrientes. En términos de densidad y biomasa, la Parcela 5 mostró una densidad promedio de 387.2 ind/m² y biomasa de 85.08 en la capa de 0-10 cm, indicando un alto potencial biológico, aunque su índice de Simpson fue de 0.000, lo que revela baja diversidad. En contraste, la Parcela SAF 6 destacó con un índice de Shannon de 0.514 y un índice de Simpson de 0.246, reflejando una comunidad más equilibrada. Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar estrategias de manejo que fomenten tanto la biodiversidad como la producción sostenible para asegurar la salud de los ecosistemas evaluados.

Palabras claves: Propiedades químicas, sistemas agroforestales, macrofauna edáfica

ABSTRAC

The objective of this research was to study the chemical and biological properties of soil as indicators of quality in agroforestry systems in Monsoon, establishing six plots and using zig-zag sampling to analyze pH, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium. The results indicated that chemical properties require specific agronomic management, with an average pH of 4.2, nitrogen levels of 0.13%, phosphorus of 6.41 ppm and organic matter of 2.55%, conditions that can limit agricultural yield and suggest the need for practices that optimize nutrient availability. In terms of density and biomass, Plot 5 showed an average density of 387.2 ind/m² and biomass of 85.08 in the 0-10 cm layer, indicating high biological potential, although its Simpson index was 0.000, revealing low diversity. In contrast, Plot SAF 6 stood out with a Shannon index of 0.514 and a Simpson index of 0.246, reflecting a more balanced community. These findings underscore the importance of implementing management strategies that promote both biodiversity and sustainable production to ensure the health of the ecosystems assessed.

Keywords: Chemical properties, agroforestry systems, soil macrofauna

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, grandes extensiones de la Amazonía peruana han sufrido un proceso de degradación, en su mayoría debido a la expansión de cultivos ilícitos como la coca. Sin embargo, con el tiempo, diversas iniciativas de recuperación han permitido que estas áreas sean rehabilitadas, mediante el uso de especies vegetales que aportan nutrientes al suelo. Este proceso ha resultado crucial para mejorar la capacidad productiva de los suelos y restaurar su funcionalidad, ya que las propiedades químicas y biológicas del suelo son factores clave para determinar su calidad, y, por ende, su capacidad de sostener cultivos agrícolas y especies forestales.

En este contexto, el distrito de Monzón no es ajeno a este proceso de recuperación, ya que la erradicación de cultivos de coca ha sido acompañada por la implementación de sistemas agroforestales, donde los agricultores han establecido asociaciones entre cultivos agrícolas y especies forestales, especialmente el *Pinus tecunumanii*, que fue instalado hace aproximadamente siete años en las parcelas de estudio. A pesar de los avances, no se dispone de información precisa sobre los indicadores químicos y biológicos del suelo en estos sistemas agroforestales, lo que genera incertidumbre sobre el estado nutricional del suelo y su capacidad para sostener estos sistemas productivos.

En este contexto, el distrito de Monzón no es ajeno a los procesos de cambio en el uso del suelo, pues en el año 2018 se registró una deforestación de 154 hectáreas, quedando un remanente de 83,898 hectáreas de bosque**.** La erradicación de cultivos de coca ha sido acompañada por la implementación de sistemas agroforestales, donde los agricultores han establecido asociaciones entre cultivos agrícolas y especies forestales, especialmente el *Pinus tecunumanii*, que fue instalado hace aproximadamente siete años en las parcelas de estudio. A pesar de los avances, no se dispone de información precisa sobre los indicadores químicos y biológicos del suelo en estos sistemas agroforestales, lo que genera incertidumbre sobre el estado nutricional del suelo y su capacidad para sostener estos sistemas productivos.

Ante esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las propiedades químicas y biológicas del suelo como indicadores de la calidad en los sistemas agroforestales del distrito de Monzón?

La calidad del suelo es un factor determinante en la productividad agrícola y la sostenibilidad de los ecosistemas, y es aún más relevante en los sistemas agroforestales que buscan integrar la producción agrícola con la conservación de la biodiversidad. Esta

investigación se enfoca en evaluar las propiedades químicas (como pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) y biológicas (como la biomasa, la densidad y la diversidad de organismos) del suelo en los sistemas agroforestales del distrito de Monzón, con el objetivo de obtener una evaluación integral del estado actual del suelo y de las prácticas de manejo agrícola que podrían mejorar su calidad.

En particular, el estudio busca identificar los indicadores claves que reflejan la capacidad de los suelos para responder a las prácticas de manejo en los sistemas agroforestales, con un enfoque en el pino *Tecunumani* como especie forestal. Dado que muchos sistemas agroforestales enfrentan presiones relacionadas con la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad, este estudio es relevante no solo para comprender mejor los procesos en Monzón, sino también para contribuir al desarrollo de estrategias que promuevan un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación del medio ambiente, sirviendo como base para futuras investigaciones y políticas agrícolas sostenibles.

Teniendo en cuenta lo anterior, el estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades químicas y biológicas del suelo en los sistemas agroforestales del distrito de Monzón, con el fin de conocer y analizar las características que determinan la calidad del suelo, particularmente aquellas que responden a los cambios de manejo y que son esenciales para la sostenibilidad y productividad de los sistemas agroforestales en la región.

Objetivo general

Evaluar las propiedades químicas y biológicas como indicadores de la calidad del suelo en Sistemas agroforestales en Monzón.

Objetivos específicos

- Determinar los indicadores químicos del suelo de los sistemas agroforestales como: ph, materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio
- Determinar los indicadores biológicos como: la densidad, biomasa y diversidad de macrofauna edáfica en sistemas agroforestales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son una modalidad de aprovechamiento de la tierra en la que plantas leñosas perennes interactúan de manera biológica con los cultivos en un determinado espacio, con el objetivo principal de diversificar y mejorar la producción, siempre respetando los principios de sostenibilidad (López, 2006).

Los sistemas agroforestales se han consolidado como una opción que se ve como la agricultura del futuro, ya que integra la actividad productiva con el uso responsable de los recursos naturales. De hecho, estos sistemas han ganado relevancia en todas las regiones ecológicas de Bolivia, especialmente en la zona andina, contribuyendo a mejorar la calidad alimentaria de los agricultores y diversificando su producción (Sheifa, 2013).

2.1.1.1. Ventajas de un sistema agroforestal

- Mejor aprovechamiento del espacio vertical y una mayor captación de radiación solar entre los distintos niveles vegetales del sistema.
- Un microclima más equilibrado (reducción de temperaturas extremas, sombra, menor evaporación y viento).
- Mayor protección frente a la erosión por viento y agua (disminución del impacto erosivo de las gotas de lluvia y la escorrentía superficial).
- Incremento de la fijación de nitrógeno atmosférico gracias a los árboles.
- Conservación de la estructura y fertilidad del suelo: aporte de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez y mejor aprovechamiento de los nutrientes en las capas profundas del suelo (especialmente en zonas áridas).
- Obtención de productos adicionales: madera, frutos, leña, hojarasca, forraje, entre otros (Sheifa, 2013).

2.1.1.2. Efectos del sistema agroforestal en el suelo

Los beneficios de los árboles a largo plazo se reflejan principalmente en las características del suelo. El mantenimiento de elevados niveles de materia orgánica es un factor clave, ya que no solo contribuye a conservar la estructura del suelo, sino que también es fundamental como fuente y base de nutrientes (Milz, 2005).

Milz (2005) señala que los sistemas agroforestales representan un enfoque innovador para la producción de alimentos, que adopta los principios de la naturaleza y ofrece una guía para rediseñar la agricultura que debemos practicar, basándonos en los siguientes principios: realizar chaqueo y picado de suelos con cobertura, evitar la quema, sembrar diversas especies en el mismo espacio (fomentando alta diversidad), aplicar siembra directa sin arar, eliminar las aradas que perjudican la estructura del suelo, evitar los monocultivos, utilizar semillas nativas e insumos locales, y prescindir de los agrotóxicos, técnicas simplistas y tecnologías inadecuadas y costosas.

2.1.2. El suelo

El suelo es un recurso natural limitado que forma una parte esencial de los ecosistemas, proporcionando servicios ecosistémicos que dependen de las complejas comunidades de organismos que habitan en él. Además, desempeña diversas funciones, como su participación en los ciclos biogeoquímicos, donde, debido a la energía almacenada, los elementos pasan continuamente de los sistemas vivos a los no vivos (Burbano, 2016).

2.1.3. Propiedades químicas del suelo

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida que indica la cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo, como la arcilla, la materia orgánica o las sustancias húmicas. Esta capacidad refleja la cantidad de cationes que esas superficies pueden retener. La CIC se mide en meq/100g de suelo. Es una de las propiedades más importantes del suelo, ya que actúa como un indicador clave de la fertilidad, dado que influye directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la solubilidad de los mismos (Ramírez, 1997).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Determina el nivel de adsorción de iones (H+) en las partículas del suelo y permite identificar si el suelo es ácido, alcalino o neutro. Es el principal indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que influye en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y comportamiento de otros componentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (FAO, 2009).

El pH es una variable importante para la fertilidad de los suelos, ya que indica los niveles tóxicos de aluminio y manganeso; también indica si tiene un nivel bajo de calcio y magnesio. Al conocer el valor del pH del suelo, se puede identificar los problemas con los nutrientes para el buen desarrollo y crecimiento de las plantas o cultivos (Rivera *et al.,* 2018).

El pH óptimo favorece las condiciones del suelo como medio químico y este se encuentra en el rango de 6.5 a 7.0, permitiendo el desarrollo de un conjunto de procesos fisicoquímicos como la oxidación de la materia orgánica, el pH influye sobre la calidad y cantidad del carbono orgánico del suelo (COS) (Valenzuela y Visconti, 2018).

- **Salinidad del suelo**

La salinidad del suelo se refiere a la acumulación de sales en su interior, lo cual puede ser causado por procesos naturales o actividades humanas (Flores et al., 1996). Para medir la cantidad de sales en el suelo, se utiliza la conductividad eléctrica de la solución del suelo, que indica la capacidad del material para conducir corriente eléctrica; un valor más alto refleja una mayor concentración de sales (Barbaro et al., 2009).

- **Nitrógeno**

Las comunidades de organismos y microorganismos que habitan en el suelo, son los responsables de la transformación del nitrógeno (N) en formas disponibles para los cultivos que crecen en él, controlando el proceso de mineralización del nitrógeno (Monsalve *et al.,* 2017), los ciclos biogeoquímicos como el nitrógeno, son de gran importancia para la agricultura, porque permite el crecimiento adecuado de las plantas, ya que generan un impacto económico y ecológico en el suelo, lo que conlleva a la adecuada disponibilidad de los nutrientes por los organismos que viven en el suelo y mantienen las buenas producciones agrícolas (Varela-Romero *et al.,* 2019).

Las bacterias que se encargan de fijar el nitrógeno en el suelo producen enzimas que les permiten captar este componente de la atmosfera en forma gaseosa y al mezclarlo con los azucares de las plantas o cultivos de esa manera se fija dentro de la biomasa bacteriana; dicho proceso es importante para el suelo ya que permite que se aumente la fertilidad de este (Peña y Rodríguez, 2018).

- **Fósforo (P)**

Como elemento esencial, este nutriente es crucial en la transferencia de energía durante procesos químicos y fisiológicos fundamentales, como la fotosíntesis, que es clave para la producción de energía en las plantas. Además, su presencia es vital para la diferenciación celular y el desarrollo adecuado de los tejidos vegetales, lo que asegura el crecimiento y la formación de nuevas estructuras en las plantas (FAO e IFA, 2002).

Velasquez y Lavelle (2019) Existe una relación positiva entre los organismos del suelo y el fósforo total disponible que se encuentra presente en el suelo, ya que en gran medida los grupos funcionales como los detritívoros y depredadores como lombrices (Lumbricidae) y termitas (Termopsidae) regulan los nutrientes, estos son importantes porque generan estructuras biogénicas como los canales realizados por las lombrices y montículos de termitas en donde los contenido de fosforo (P) difieren del suelo circundante (Machado et al., 2020).

- **Potasio (K)**

Al activar más de 60 enzimas, este elemento desempeña un rol crucial en la síntesis de carbohidratos y proteínas, lo que contribuye a que las plantas sean más resistentes a diversas enfermedades. Asimismo, mejora el manejo del agua en la planta, incrementando su capacidad para tolerar condiciones de sequía, heladas y salinidad en el suelo (FAO e IFA, 2002).

- **Calcio (Ca)**

Este nutriente es fundamental para el desarrollo adecuado de las raíces y actúa como un componente esencial de las membranas celulares. Su participación es crucial en la estabilidad de la membrana plasmática y en el mantenimiento de la integridad celular, ya que proporciona estructura, consistencia, rigidez y permeabilidad a la célula. Estos efectos, a su vez,

mejoran la capacidad de la planta para resistir ataques de hongos y otros patógenos (FAO e IFA, 2002).

- **Magnesio (Mg)**

Este nutriente es un componente clave de la clorofila, lo que le permite desempeñar un papel esencial en la fotosíntesis. Además, participa activamente en la síntesis de proteínas, en los procesos respiratorios, en el metabolismo del fósforo y en la activación de diversos procesos enzimáticos dentro de la planta. Gracias a su influencia en estos procesos, contribuye significativamente al crecimiento y desarrollo de la planta (FAO e IFA, 2002).

- **Materia orgánica del suelo**

La materia orgánica del suelo (MOS) se define como un conjunto de compuestos complejos que tienen una base de carbono y se originan a partir de la acumulación de materiales vegetales o animales en constante descomposición, un proceso impulsado por los microorganismos que habitan en el suelo. La mayor parte de la MOS está compuesta por sustancias húmicas, las cuales se clasifican en tres grupos principales: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. El resto de la materia orgánica del suelo incluye carbohidratos, aminoácidos, grasas y otros compuestos (Meléndez, 2003).

2.1.4. Propiedades biológicas del suelo

- **Biomasa**

Según Montané de la Vega (2015), la materia orgánica es aquella que está presente en los organismos vivos y se va descomponiendo o transformando a medida que avanza a través de las cadenas tróficas. Este proceso implica que, a medida que los organismos se alimentan unos de otros, la cantidad de materia orgánica disponible disminuye, ya que se descompone y se transforma en nuevas formas de energía y nutrientes que los organismos consumidores utilizan. Así, la materia orgánica experimenta una serie de transformaciones que son fundamentales para los ciclos biogeoquímicos y la transferencia de energía dentro de los ecosistemas.

La biomasa vegetal se refiere a la cantidad de materia vegetal presente por unidad de superficie en un momento específico (Fernández y Leva, 2003). En el contexto forestal, la biomasa se entiende como el peso seco de la materia orgánica que se encuentra en un ecosistema forestal. Aunque incluye tanto la materia orgánica en la parte aérea como en el suelo, en términos de gestión forestal, generalmente se hace referencia a la biomasa contenida en los árboles. Esta medición es crucial para evaluar la productividad de los bosques, su capacidad de almacenamiento de carbono y su rol en los ciclos ecológicos, así como para la planificación y manejo sostenible de los recursos forestales.

La biomasa de un agroecosistema se acumula a partir de los restos orgánicos de plantas y animales muertos, conocidos como detritos, que se almacenan en el suelo, siendo la mayor parte de origen vegetal. Estos restos incluyen la materia muerta de las plantas que permanecen en pie, la hojarasca que cae al suelo, y el mantillo, que son los restos descompuestos de organismos vivientes que han sido fragmentados por la acción de los animales. Esta biomasa está estrechamente vinculada con la capacidad de producción primaria del ecosistema, ya que refleja el balance entre la producción de materia orgánica y su descomposición en el suelo, lo que a su vez influye en la fertilidad y sostenibilidad del agroecosistema (Fernández y Leva, 2003).

Los procesos que experimenta la biomasa en un sistema agroforestal se conocen como reciclaje, un proceso que implica la transformación de los residuos orgánicos a lo largo de varias etapas de producción. Este proceso incluye prácticas como el compostaje y la biometanización, pero no abarca métodos como la incineración para la recuperación de energía. El reciclaje de biomasa en estos sistemas permite una gestión más eficiente de los recursos, favoreciendo la sostenibilidad del ecosistema agroforestal al devolver los nutrientes al suelo y reducir el impacto ambiental (Pérez, 2015).

- **Diversidad**

Según Bravo (2013), la diversidad está compuesta por una variedad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que habitan un área específica, e incluye también la variabilidad genética, así como los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. Esta diversidad es fundamental para el

funcionamiento de los ecosistemas, ya que favorece la resiliencia, la estabilidad y la capacidad de adaptación ante cambios ambientales.

Montané de la Vega (2015) afirma que la biodiversidad se refiere a los seres vivos que habitan la naturaleza, distribuidos en sus distintos ecosistemas, en un momento determinado. Esta diversidad es clave porque no solo representa la variedad de especies, sino que también refleja las interacciones complejas entre los organismos y su entorno, lo cual es crucial para el equilibrio ecológico. La biodiversidad no solo sustenta la estabilidad de los ecosistemas, sino que también garantiza los servicios ecosistémicos esenciales para la vida, como la purificación del aire y del agua, la polinización de cultivos y la regulación del clima. Su relevancia radica en su papel fundamental para el bienestar de todas las formas de vida en el planeta, incluyendo a los seres humanos.

En los agroecosistemas, se pueden utilizar índices de diversidad, como el índice de Shannon-Wiener, para medir la diversidad. Según Pérez (2004), este índice evalúa el nivel de incertidumbre al predecir a qué especie pertenece un individuo seleccionado al azar dentro de una población, proporcionando así una medida de la diversidad de especies en un determinado ecosistema.

López (2013) sostiene que el índice de Shannon-Wiener considera tanto la cantidad de especies presentes como la equidad o uniformidad en la distribución de individuos de cada especie. Así, un mayor número de especies contribuye a una mayor diversidad, al igual que una distribución más uniforme de los individuos dentro de esas especies.

López (2013) señala que el índice de Shannon es uno de los más empleados para medir la biodiversidad, ya que refleja la variabilidad en el número de especies presentes y su distribución relativa de abundancia. Este índice evalúa la incertidumbre relacionada con la selección aleatoria de un individuo dentro de una comunidad. Originado en la teoría de la información, el índice se utiliza para estimar la cantidad máxima de información que un mensaje puede transmitir. Su cálculo consiste en sumar la proporción de cada especie, multiplicada por el logaritmo en base dos de esa proporción, y se le añade un signo negativo debido a que el valor obtenido de log2Pi es negativo.

a) Diversidad alfa

La diversidad alfa se refiere a la cantidad de especies presentes en una comunidad que se considera homogénea en términos de sus características ambientales y ecológicas. Desde una perspectiva práctica, este concepto se limita al conjunto de especies que pertenecen a un grupo indicador específico, las cuales coexisten en un área homogénea dentro de un paisaje determinado (Whittaker, 1977). Esta medida de diversidad es fundamental para entender la composición biológica de un ecosistema y cómo las especies interactúan dentro de un mismo espacio, sin tener en cuenta la variabilidad a lo largo del paisaje más amplio. Además, la diversidad alfa proporciona una base para comparar diferentes comunidades dentro de un mismo ecosistema o región.

Moreno (2001) señala que la diversidad alfa hace referencia a la cantidad de especies presentes en una comunidad específica, la cual se considera homogénea. Además, explica que se trata del número de especies que se encuentran en un área determinada (una muestra territorial), un punto o lugar específico, que representa una extensión mínima en espacio y tiempo que incluye una muestra de un conjunto de especies de un ecosistema.

- **Margaleff (Índice de riqueza especifica)**

La medición de la diversidad mediante la riqueza de especies es uno de los métodos más simples para evaluar la biodiversidad. En este enfoque, los valores oscilan entre 1,0 y 5,0, donde un valor inferior a 2,0 indica una baja diversidad, mientras que un valor de 5,0 refleja una alta biodiversidad (Margaleff, 1995). Este indicador permite una rápida comparación entre diferentes comunidades o ecosistemas, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en un área específica, sin considerar otros factores como la distribución o abundancia relativa de las especies. Sin embargo, si bien es una medida útil, no captura toda la complejidad de la biodiversidad, por lo que suele complementarse con otros índices para obtener una visión más completa de la diversidad en un ecosistema.

- **Simpson 1-D**

Este índice, conocido como el índice de diversidad de especies o índice de dominancia, se utiliza para evaluar tanto la riqueza de organismos como la distribución de la abundancia entre las especies. Cuando la dominancia de una especie es alta, la diversidad disminuye, ya que pocas especies dominan el ecosistema y las demás son escasas.

El valor mínimo de este índice refleja una situación de nula diversidad, donde una sola especie podría estar monopolizando el área, sin ninguna variabilidad en el número de especies presentes (Mercado, 2000). Este índice, por lo tanto, proporciona una indicación clave de la equidad en la distribución de las especies dentro de un ecosistema, siendo útil para identificar desequilibrios que podrían afectar la estabilidad ecológica.

- **Shannon Wiener**

Este índice es una de las principales medidas de diversidad basadas en la teoría de la información, y tiene en cuenta tanto el número de especies presentes en un área de estudio (riqueza de especies) como la distribución relativa de individuos dentro de cada especie (abundancia). Se suele representar con la letra H' y se expresa como un valor positivo. En la mayoría de los ecosistemas naturales, el valor de este índice varía entre 1 y 5, donde un valor cercano a 1 indica una baja diversidad, mientras que un valor cercano a 5 señala una alta diversidad (Mercado, 2000). Este índice es útil no solo para evaluar la cantidad de especies, sino también para entender cómo se distribuyen esas especies dentro del ecosistema, lo que ofrece una perspectiva más detallada sobre el equilibrio y la salud de los mismos.

b) Diversidad beta

La diversidad beta, también conocida como diversidad entre hábitats, se refiere al grado en que las especies se reemplazan o cambian a lo largo de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de la diversidad alfa y gamma, que se pueden medir fácilmente contando el número de especies presentes, la diversidad beta se evalúa a través de proporciones o diferencias entre las especies en diferentes áreas o hábitats, lo que le confiere una dimensión diferente en su medición (Magurran, 1988). Este índice es fundamental para comprender cómo varía la composición de especies en diferentes ambientes dentro de un paisaje, lo que proporciona información valiosa sobre la heterogeneidad ecológica.

Estas proporciones pueden evaluarse utilizando diferentes índices o coeficientes que miden la similitud, disimilitud o distancia entre muestras, basándose en datos cualitativos, como la presencia o ausencia de especies, o en datos cuantitativos, como la abundancia relativa de cada especie, la cual puede medirse a través de parámetros como el número de individuos, la biomasa, la densidad, la cobertura, entre otros. Además, también se

pueden emplear índices específicos de diversidad beta para analizar cómo varía la composición de especies en diferentes lugares (Magurran, 1988). Esta diversidad beta permite obtener una comprensión más profunda de la variabilidad de los ecosistemas, ya que no solo se centra en la cantidad de especies presentes, sino en cómo las especies se distribuyen y se relacionan entre sí a lo largo de diferentes ambientes.

2.1.5. Importancia biológica del suelo

La destrucción de hábitats naturales en las regiones tropicales, impulsada por la expansión de la agricultura y la explotación desmedida de los recursos naturales, como la tala de árboles, está aumentando considerablemente. Frente a este panorama, un uso más sostenible de las tierras agrícolas y la regeneración de áreas degradadas se presentan como desafíos cruciales para la conservación de los recursos naturales, incluyendo la biodiversidad microbiana, sus interacciones y los procesos ecológicos involucrados. Las plantas tienen una gran influencia en la composición de las comunidades microbianas del suelo, como hongos, bacterias y nematodos, a través de la descomposición de materia orgánica y las raíces. La relación entre las especies vegetales y las comunidades microbianas en la rizósfera del suelo es estrecha, resultado de un proceso de co-evolución entre ambos (Brimecombe et al., 2001).

La medición de la respiración del suelo proporciona información sobre la dinámica de la biota del suelo y los procesos metabólicos que allí ocurren. Estos procesos pueden variar según factores biofísicos, climáticos y el uso que se haga de la tierra, lo que convierte esta medición en un indicador de la biomasa microbiana presente. La actividad microbiana está influenciada tanto por factores internos como externos al sistema del suelo, lo que la convierte en un indicador clave de la dinámica del suelo y de la salud de este recurso. Una actividad microbiana saludable puede reflejar condiciones físicas y químicas favorables para el desarrollo de procesos metabólicos en bacterias, hongos, algas, actinobacterias y su interacción con los sustratos orgánicos (Mora, 2006).

Las propiedades biológicas del suelo comprenden la cantidad, actividad y diversidad de diversos organismos que habitan en él, como la fauna del suelo, la microflora y las enzimas. Estos componentes desempeñan un papel crucial en la regulación de los procesos

microbiológicos y bioquímicos del suelo, como los ciclos del carbono y de nutrientes. Además, son fundamentales en la descomposición y degradación de contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos, que pueden afectar las propiedades físicas y químicas del suelo. De esta manera, influyen directamente en la dirección de los cambios en la calidad del suelo, determinando su capacidad para sostener la vida y los procesos ecológicos. La biodiversidad microbiana y la actividad de las enzimas del suelo son indicadores clave de la salud y sostenibilidad de los ecosistemas terrestres, ya que optimizan los procesos de reciclaje de nutrientes y mejoran la estructura del suelo, facilitando la adaptación a diferentes condiciones ambientales (He et al., 2003).

Las plantas y los microorganismos mantienen una serie de interacciones complejas y diversas. Una de las más fundamentales ocurre cuando bacterias y hongos se encargan de descomponer el material vegetal. En este proceso, los hongos juegan un papel clave, ya que son responsables de la descomposición de los tejidos vegetales a través de la producción de enzimas extracelulares. Estas enzimas tienen la capacidad de descomponer compuestos orgánicos complejos como la lignina y la celulosa, convirtiéndolos en moléculas más simples. Así, los hongos facilitan la transformación de material estructuralmente complejo en nutrientes esenciales que luego se ponen a disposición de las plantas, contribuyendo al ciclo de nutrientes en el ecosistema (Gilbert, 2002). Este proceso no solo es crucial para el reciclaje de nutrientes, sino también para la salud y fertilidad del suelo, ya que asegura el flujo continuo de sustancias que las plantas necesitan para su crecimiento.

2.2. Estado del arte

Calderón *et al.* (2018) en su investigación sobre las características químicas y biológicas del suelo, como un indicador de la calidad del suelo en tres sistemas de uso Sistema Agroforestal; como resultado se obtuvo para las propiedades químicas de 0-10 cm en el sistema Agroforestal se registró un pH de 5,30, AlH de 1,02 cmol/kg , MO de 3,37 %, P de 38,54 mg/kg, S de 5,11 mg/kg , Ca de 1,49 mg/kg, Mg de 0,49 mg/kg, K de 0,16 mg/kg, Na de 0,04 mg/kg; a una profundidad de 10-40 cm se registró un pH de 4,83, AlH de 1,70 cmol/kg , MO de 3,00, P de 13,91 mg/kg, S de 13,08 mg/kg , Ca de 0,71 mg/kg, Mg de 0,21 mg/kg, K de 0,07 mg/kg, Na de 0,03 mg/kg; por otro lado, para el caso de la variable propiedades biológicas se registró

una densidad 1675 ind/m^2, donde se presentaron las siguientes familias: Oribatida, Acaridida, Antomobyidae, Staphylinidae, Carabidae, Cicindelidae, Forficulidae, Phoridae, Formicidae, Rhinotermitidae, Ccecidomyiidae, Pseudococcidae, Liposcelidae, Trogiidae.

Rodríguez *et al.* (2016) en su investigación sobre las características del suelo como indicador de sistemas agroforestales y monocultivos, donde se evaluó la zona de sistema agroforestales con presencia de maíz y especies forestales, como resultados se obtuvo para las propiedades químicas los siguiente: pH de 7,33, Materia orgánica de 1,25%, P de 18,67 mg/kg, K de 567,3 mg/kg, N total de 0,070, CIC de 13,56 cmol/kg, Cu de 1,40 mg/kg, Fe de 10,99 mg/kg, Zn de 1,4 mg/kg, Mn de 5,4 mg/kg, B de 0,90 mg/kg; por otra parte, para la variable de las propiedades biológicas una densidad de 16000 ind/m^2, con una biomasa de 230 mg/kg CO2.

Quinto (2016) en su estudio sobre las características del suelo (físicas, químicas y biológicas) del suelo en sistemas de uso, en la metodología se empleó la zona de Sistema agroforestal con plantación de cacao, bolaina, caoba, cedro y guaba. Para los resultados se obtuvo en las propiedades químicas del suelo lo siguiente: pH de 7,28, Materia orgánica de 3,02 %, N de 0,14 %, P de 49,55 ppm, K2O de 169,61 kg/ha, CIC de 20,18, Ca de 18,52 cmol/kg, Mg de 1,03 cmol/kg, K de 0,06 cmol/kg, Na de 9,57 cmol/kg; por otro lado, para las propiedades biológicas se presentó un índice de Shannon-Wienner (H') de 0,95.

Silicuana (2017) en su investigación sobre la fertilidad del suelo en sistemas agroforestales en Bolivia, donde se determinaron las propiedades químicas y biológicas del suelo como un indicador de fertilidad. En los resultados se presentaron de acuerdo con las propiedades químicas del suelo lo siguiente: en el pH de con profundidad de (0-10 cm) 6,67, con profundidad de (10-20 cm) 6,47, con profundidad de (20-30 cm) 6,40, en la conductividad eléctrica se registró con profundidad de (0-10 cm) 0,23 mmhos/cm, con profundidad de (10-20 cm) 0,15 mmhos/cm, con profundidad de (20-30 cm) 0,10 mmhos/cm, en (cationes intercambiables) para calcio se presentó con profundidad de (0-10 cm) 5,98 me/100g, con profundidad de (10-20 cm) 4,75 me/100g, con profundidad de (20-30 cm) 3,83 me/100g, para el magnesio resultó a una profundidad de (0-10 cm) 2,91 me/100g, con profundidad de (10-20 cm) 3,22 me/100g, con profundidad de (20-30 cm) 3,37 me/100g, para el potasio resultó a una profundidad de (0-10 cm) 0,95 me/100g, con profundidad de (10-20 cm) 0,90 me/100g, con

profundidad de (20-30 cm) 0,90 me/100g, para el potasio se presentó resultó a una profundidad de (0-10 cm) 1,51 me/100g, con profundidad de (10-20 cm) 1,41 me/100g, con profundidad de (20-30 cm) 1,86 me/100g, para la materia orgánica se presentó a una profundidad de (0-10 cm) 4,35 %, con profundidad de (10-20 cm) 2,94 %, con profundidad de (20-30 cm) 1,82 %, en nitrógeno se registró a una profundidad de (0-10 cm) 0,23 %, con profundidad de (10-20 cm) 0,16 %, con profundidad de (20-30 cm) 0,10 %, para el fosforo a una profundidad de (0-10 cm) 26,93 ppm, con profundidad de (10-20 cm) 10,60 ppm, con profundidad de (20-30 cm) 6,70 ppm; por otro lado, en cuanto a la variable de propiedades biológicas se registraron 428 ind, entre los cuales predominan las lombrices de tierra, hormigas, cucrachas, milpies, tijeretas, ciempiés, arañas.

Bolaños *et al.* (2014) en su estudio sobre la propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en un sistema agroforestal, mediante la metodología se realizó una evaluación con las variables determinadas. Para los resultados de acuerdo con las propiedades químicas se registró un pH de 5,06, materia orgánica de 4,58 %, Nitrógeno total 0,21 %, fosforo 22,95 ppm.

Arévalo (2014) en su investigación sobre el indicador de calidad en el suelo en un sistema agroforestal, con la finalidad de determinar las características químicas del suelo, en la metodología se estudiaron sistemas agroforestales mejorado con presencia de especies como tornillo, caoba, pali perrro, cacapana, shaina, bolaina con plátano. Para los resultados en las propiedades químicas del suelo: el pH en la profundidad de (0-20 cm) un 5,58, en la profundidad de (20-40 cm) un 5,39, en la profundidad de (40-60 cm) un 5,37, en materia orgánica en la profundidad de (0-20 cm) un 3,37 %, en la profundidad de (20-40 cm) un 1,60 %, en la profundidad de (40-60 cm) 1,02 %, en nitrógeno en la profundidad de (0-20 cm) un 0,15 %, en la profundidad de (20-40 cm) un 0,07%, en la profundidad de (40-60 cm) 0,05%, en fosforo en la profundidad de (0-20 cm) un 4,80 ppm, en la profundidad de (20-40 cm) un 2,39 ppm, en la profundidad de (40-60 cm) 2,91 ppm, en potasio en la profundidad de (0-20 cm) un 63,29 ppm, en la profundidad de (20-40 cm) un 41,70 ppm, en la profundidad de (40-60 cm) 44,82 ppm, CIC en la profundidad de (0-20 cm) un 18,77, en la profundidad de (20-40 cm) un 20,68, en la profundidad de (40-60 cm) un 21,11; por otro lado, para las propiedades biológicas del suelo

se presentó un índice de diversidad de Shannon-Weaver a una profundidad de (0-20 cm) con 0,94, a una profundidad de (20-40 cm) con 1,41, a una profundidad de (40-60 cm) con 1,02, además con el índice de Simpsom a una profundidad de (0-20 cm) con 0,49, a una profundidad de (20-40 cm) con 0,31, a una profundidad de (40-60 cm) con 0,45.

Parrales (2022) en su investigación sobre las propiedades del suelo como indicador de los sistemas agroforestales, con el objetivo de determinar las propiedades químicas del suelo, se llevó a cabo la evaluación del área de estudio con un previo muestro y posteriormente la determinación de sus propiedades. Para los resultados se obtuvo en las propiedades químicas: pH de 7,2, materia orgánica de 8,8 %, potasio de 1,07 meq/100ml, en manganesio 4,8 meq/100ml, CIC de 25,72 meq/100g.

Ccoycca (2018) en su estudio de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna existente en el suelo de una plantación agroforestal, se buscó evaluar las variables de biomasa y densidad, por medio de área de estudio previamente determinadas. Para los resultados se obtuvo en la biomasa un valor de 17,09 g/m^2, así mimos, en la variable densidad dio un valor de 163,09 ind/m^2, de la misma forma, se registró un índice de diversidad de Shannon fue de 2,60, por otro lado, el índice de Evenness fue de 0,68 y para la dominancia de Simpson fue de 0,09.

Sánchez (2018) presento en su trabajo sobre la densidad, diversidad y biomasa en sistemas agroforestales en Madre de Dios, empelando una metodología de estudio en un terreno de un sistema agroforestal. Para los resultados se obtuvo en la densidad 1036 individuos, con una biomasa de 11,06 g/m^2, para el caso de índice de diversidad de Shannon se registró 1,58.

Álvarez *et al.* (2016) en su investigación sobre indicadores biológicos del suelo en sistemas ecológicos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en dicha investigación se determinó la diversidad alfa y beta de los indicadores biológicos, donde se evaluaron un área de Bosque y Pastizal. Para los resultados se obtuvo el índice de diversidad Jaccard se presentó un valor de 0,658, asimismo, con el índice de Witthaker se obtuvo un 0,246.

Trávez (2020) en su estudio de los indicadores biológicos del suelo en Ecuador, con el fin de determinar la macrofauna y la diversidad beta, se evaluaron áreas de Bosque nativo, Bosque plantado, Pastizal y Monocultivo, en los resultados se obtuvo el índice de diversidad beta (Sorensen) para la zona de Pastizal, Monocultivo, el Bosque plantado y Bosque nativo presento un valor de 0,50, por otro lado, para el Bosque plantado y Bosque nativo resulto un 0,70 de similitud.

Ortega (2020) en su investigación sobre las características de los sistemas agroforestales con café, donde se determinó la diversidad alfa del sistema agroforestal en el área previamente seleccionada. Para los resultados se obtuvo en la diversidad de acuerdo con el índice de Shannon_H un 2,53, en el índice de Simpsom un 0,89; por otro lado, en la densidad presentó 96 ind/m^2, en 7 familias de las cuales se presentan la familia Sacarabaeidae, Lampiridae y Tenebrionidae.

Romero (2017) en su estudio sobre la característica biológicas del suelo en diversos sistemas agroforestales en San Martin, con la finalidad de determinar la diversidad, densidad y la biomasa del suelo, se llevó a cabo la evaluación de las áreas previamente seleccionadas. Para los resultados en cuanto a la densidad se registró un total de 21370 ind/m^2, entre ellos se identificó las siguientes familias: Anthicidae, Tenebrionidae, Chrysomelidae, Pselaphidae, Scarabaeidae, Formicidae, Termitidae; por otro lado, en la variable biomasa se registró 39,52 g/m^2.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación comprenderá seis (06) sistemas agroforestales que políticamente se encuentran ubicados en el caserío de Shianca distrito de Monzón, provincia Huamalíes, región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Los sistemas agroforestales se ubican geográficamente:

Tabla 1. Ubicación geográfica de los sistemas agroforestales

Distrito	Caserío	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m)
Monzón	Shianca	359698	8976289	1093.9
Monzón	Shianca	359475	8975400	1195.8
Monzón	Shianca	360314	8976792	1028
Monzón	Shianca	360343	8977361	1010.3
Monzón	Shianca	360156	8976830	1045.8
Monzón	Shianca	361231	8975108	1149

3.1.3. Acceso

Para llegar a las parcelas, la vía de acceso es por medio de la carretera Tingo María - Monzón, donde muestra carreteras asfaltadas con poca accesibilidad, para llegar a los sistemas agroforestales es a través de moto lineal con tiempo de 2 horas.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos de campo

Cinta métrica, machete, cuadros de madera de 25 x 25 cm, pala recta, plástico, GPS, bolsas de polietileno, tubo muestreador, costales y rafia.

3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio

Balanza analítica con precisión de 0.0001 gr, estereoscópico, alcohol, placas Petri, etc.

3.3. Método

3.3.1. Indicadores químicos de sistemas agroforestales

Como etapa inicial se coordinó con los beneficiarios de cada parcela, donde para las propiedades químicas del suelo se realizó mediante el muestreo en toda la parcela tomando submuestras en zig – zag, donde se tomaron 20 submuestras por cada parcela (sistema agroforestal) haciendo uso de un tubo muestreador que colocara en suelo a una profundidad de 30 cm debajo del suelo, con el fin de obtener una sola muestra se homogenizaran todas las submuestras y se obtendrá una muestra representativa de 1 kg, estas fueron secadas y rotuladas en bolsas herméticas para después ser llevadas al Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis químicos:

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo a evaluar

Propiedades químicas	Método
Ph	Método del potenciómetro
Materia orgánica	Método de Walkley y Blakc
Nitrogeno	Método de Kjeldahl
Fosforo	Método de Olsen Modificado
potasio	Método del Ácido sulfúrico 6N

3.3.2. Indicadores biológicos de sistemas agroforestales

Una vez reconocido y seleccionado los sistemas agroforestales a evaluar, se delimito un transecto para el muestreo de macrofauna edáfica en cada sistema agroforestal. Donde se realizó el muestreo de macrofauna, en el suelo se tendrá en cuenta lo establecido por Anderson y Ingram (1993) para lo cual se tendrá cinco (05) monolitos en cada sistema agroforestal con un volumen de 25 cm x 25 cm x 30 cm, donde se evaluara la profundidad cada 10 cm (0 – 10 cm, 10- 20 cm y 20 – 30 cm) (**Figura 1**).

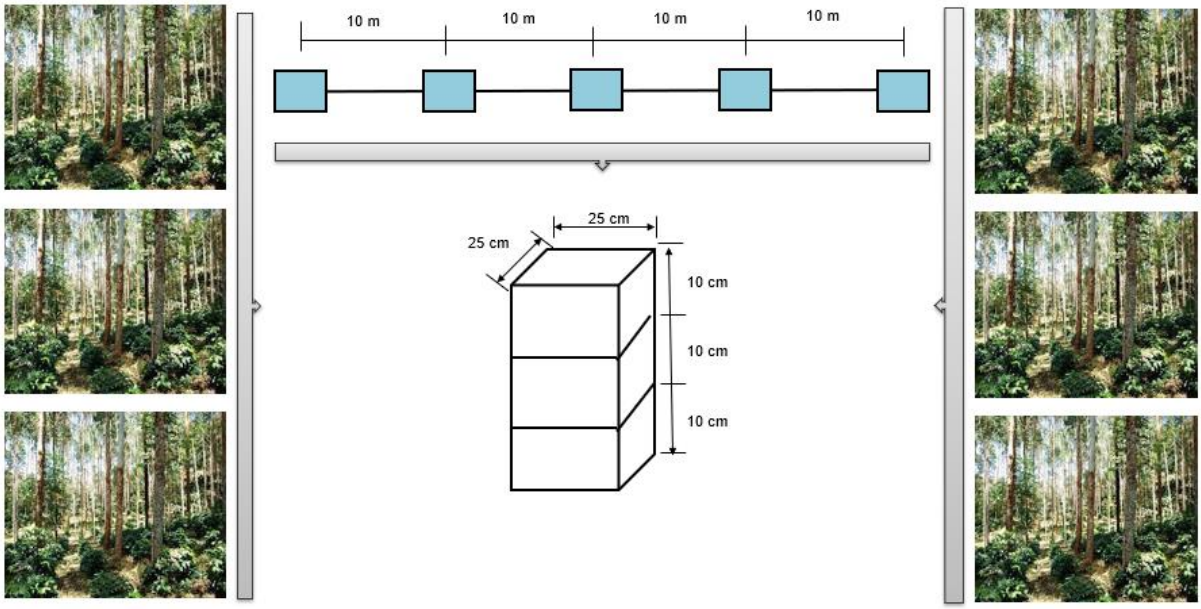

Figura 1. Delimitación de los monolitos en los sistemas agroforestales

Una vez delimitado cada monolito cada 10 m, se procedió a extraer el volumen de tierra por cada profundidad con mucho cuidado se colocó cada bloque en un plástico grande para su respectivo conteo y posterior serán colocadas en bolsas plásticas herméticas con los individuos codificado y rotulados por estrato y por sistema agroforestal. Ya colectados todas las muestras llevamos al laboratorio de entomología de la Facultad de Agronomía para su correcta identificación donde se identificó a nivel de familias, donde se tuvo mucho cuidado en el momento de la identificación se utilizó manuales de identificación y guías descriptivas, con el fin de poder llegar hasta su clasificación más detallada (familia), para ello también se utilizó un microscopio estereoscópico, asimismo se realizó un pesaje de cada espécimen teniendo en cuenta la codificación,

3.3.2.1. Biomasa de macrofauna

La biomasa de macrofauna por superficie se realizó tomando en cuenta los individuos colectados en cada monolito y por estrato, donde se registró el peso en gramos, donde se multiplicó los individuos colectados por cada monolito por 1/16 para inferir a la hectárea. Esta variable se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Biomasa\ \left(\frac{g}{625\ cm2}\right) = \frac{Peso\ de\ los\ organismos\ (g)}{\text{Área de estudio}\ (0.0625\ m2)}$$

3.3.2.2. Densidad de macrofauna

De igual manera se realizó por el conteo de individuos colectado por estrato de cada monolito en los sistemas agroforestales, al igual que en la biomasa se multiplicará por 1/16, donde esto será en base al número de individuos del mismo taxón presentes por grupo de organismo o especie en cada estrato de 10 cm, 20 cm y 30 cm, Esta variable es expresada en individuos/m^2 y se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{Número\ de\ individuos\ (gr)}{Área\ de\ estudio\ (0.0625\ \mathrm{m2})}$$

3.3.2.3. Diversidad de macrofauna edáfica en los sistemas agroforestales

Posterior a la identificación por familia de los especímenes por cada sistema agroforestal, se determinó los índices de diversidad alfa: Simpson, Shannon – Wiener y Margalef, esto se realizó mediante el software Past 2.02 Paleontological Statistics software package for education and data análisis, a la vez se realizó un análisis clúster que nos permite grupos homogéneos con respecto a los sistemas agroforestales.

- Simpson

Moreno (2001) manifiesta que este índice nos da a conocer la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. En nuestro caso será por familias. Su cálculo implica el desarrollo de la siguiente formula:

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Donde:

pi = Número de individuos de la especie “i” dividido entre el número total de individuos de la muestra.

λ = Índice de Simpson

- Shannon – Wiener

Este índice da a conocer la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las familias o especies de las muestras seleccionadas, donde se utilizará la siguiente fórmula planteada por Moreno (2001).

$$H = \sum_{i=1}^{s} (Pi)(lnPi)$$

Donde:

H´ = Diversidad de especies

In = logaritmo natural.

pi = Proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen la especie

- Índice de Margalef

Este índice se basa en el número de especies, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas, donde Moreno (2001) plantea la siguiente formula

$$\text{DMg} = \frac{\text{S}-1}{\text{In N}}$$

Donde:

DMg = Índice de Margalef

S = Número de familias

N = Número total de individuos

Ln = logaritmo natural

3.4. Características de investigación

3.4.1. Tipo de investigación

Teniendo en cuenta los aportes de la investigación será aplicada, ya que por medio de los resultados que se obtendrán servirán de línea base para la generación de conocimientos y mejoras de los sistemas agroforestales concerniente al estado nutricional.

3.4.2. Nivel de investigación

Según la naturaleza de la investigación será descriptivo de corte transversal ya que los datos se obtendrán en un periodo de tiempo y serán expresados en cuadros y graficas descriptivas con valores mínimos, máximos, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación.

Según el tiempo de los hechos será prospectivo, ya que los datos se obtendrán a medida que se realizara la investigación, no se basarán en datos obtenido en el pasado.

3.4.3. Diseño de investigación

Será no experimental, ya que no se manipulará las variables independientes, se tendrá en cuenta los sistemas agroforestales en el distrito de Monzón en su contexto actual y natural, no habrá causa y efecto de las variables, se hará uso de la estadística descriptiva y parámetros ecológicos basados en dendrogramas.

3.4.4. Variables

- **Variables independientes,** sistemas agroforestales
- **Variables dependientes,** propiedades químicas, densidad, biomasa y índices de diversidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores químicos del suelo de los sistemas agroforestales como: ph, materia orgánica, nitrógeno, fosforo y potasio

El análisis de las propiedades químicas de las seis parcelas muestra un pH promedio de 4.2, lo que indica un ambiente ácido que puede influir negativamente en la disponibilidad de nutrientes esenciales como el fósforo y el calcio. La materia orgánica, con un promedio de 2.55%, es moderada y presenta una baja desviación estándar (0.12), lo que sugiere una buena homogeneidad en su contenido entre las parcelas, favoreciendo la retención de humedad y la mejora de la estructura del suelo. En cuanto al nitrógeno, el promedio de 0.13% es bajo, lo que podría ser un factor limitante para la producción agrícola. La baja variabilidad en el contenido de nitrógeno (D.E. de 0.01) indica que todas las parcelas presentan condiciones similares en este aspecto.

El fósforo, con una media de 6.41 ppm y una alta desviación estándar (1.94), muestra notable variabilidad entre las parcelas, lo que podría afectar el desarrollo de raíces y la producción de frutos, sugiriendo la necesidad de intervenciones específicas en ciertas áreas. Por otro lado, el potasio presenta un promedio de 60.7 ppm, un nivel generalmente adecuado para el crecimiento de las plantas, aunque su alta variabilidad (D.E. de 12.44) resalta la importancia de un manejo diferenciado para optimizar su uso. En conjunto, estos resultados reflejan un panorama en el que la acidez del suelo y los niveles de nitrógeno y fósforo podrían ser limitantes para el crecimiento, mientras que el potasio se presenta como un recurso más disponible. Estos hallazgos son cruciales para guiar futuras decisiones de manejo y fertilización (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2. Indicadores químicos en los sistemas agroforestales

Indicadores químicos	n	Media	D.E.	CV (%)	Mín	Máx
Ph (1:1)	6	4.2	0.32	7.67	3.55	4.41
M.O. (%)	6	2.55	0.12	4.83	2.35	2.68
N (%)	6	0.13	0.01	4.93	0.12	0.13
P (ppm)	6	6.41	1.94	30.29	5.26	10.32
K (ppm)	6	60.7	12.44	20.49	38.93	74.56

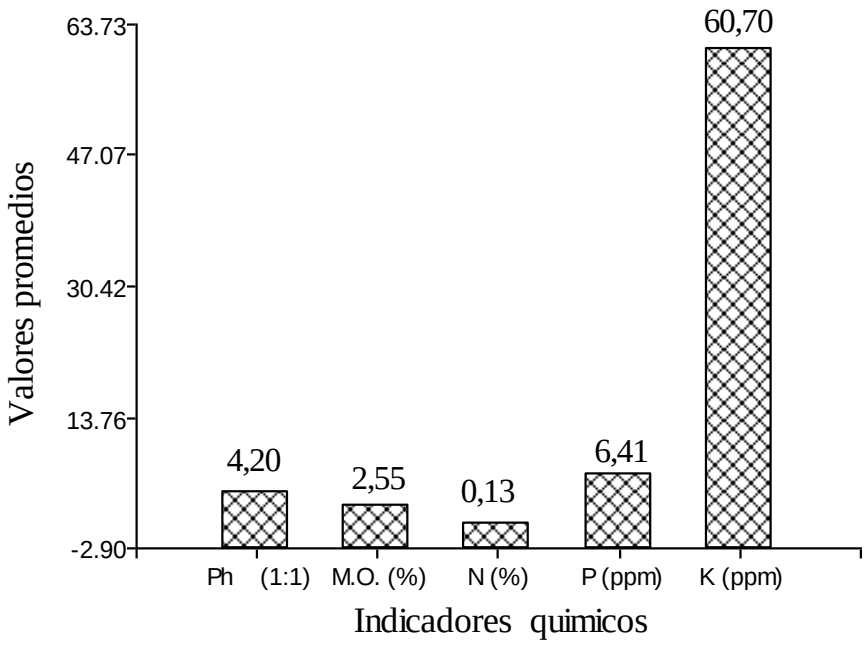

Figura 2. Indicadores químicos promedios de los sistemas agroforestales

Los resultados obtenidos en esta investigación, con un pH promedio de 4.2 y un contenido de materia orgánica de 2.55%, indican un entorno ácido que podría limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales. Este hallazgo se alinea parcialmente con el estudio de Calderón et al. (2018), que reportó un pH de 5.30 en un sistema agroforestal, sugiriendo que nuestros suelos requieren atención específica para mejorar su acidez y, por ende, su fertilidad. Aunque la materia orgánica en nuestro estudio es moderada, es consistente con los 3.37% reportados por Calderón et al., quienes enfatizan su importancia en la retención de humedad y mejora de la estructura del suelo. Por otro lado, el contenido de nitrógeno en nuestra investigación, con un promedio de 0.13%, es bajo, similar a los hallazgos de Rodríguez et al. (2016), que reportaron 0.070%. Esta coincidencia resalta la necesidad de prácticas de manejo que incrementen el nitrógeno, un nutriente fundamental para la producción agrícola.

En relación al fósforo, nuestro promedio de 6.41 ppm es notablemente inferior a los 38.54 mg/kg encontrados por Calderón et al., lo que podría explicar las limitaciones en el desarrollo radicular en nuestras parcelas. Aunque el potasio en nuestro estudio (60.7 ppm) parece adecuado, su alta variabilidad sugiere la importancia de un manejo diferenciado. Este aspecto es respaldado por los hallazgos de Quinto (2016), quien indicó que la variabilidad en potasio es crucial para optimizar su uso. Las diferencias en los niveles de pH, nitrógeno y

fósforo pueden atribuirse a prácticas de manejo, tipo de cultivos y condiciones edáficas de cada parcela, lo que subraya la necesidad de intervenciones específicas en la gestión de suelos para mejorar la calidad y sostenibilidad de los sistemas agroforestales.

4.2. Indicadores biológicos como: la densidad, biomasa y diversidad de macrofauna edáfica en sistemas agroforestales

4.2.1. Densidad de macrofauna (ind/m^2)

El análisis de la densidad (ind/m²) en las distintas parcelas y profundidades revela variaciones significativas que pueden influir en la dinámica del ecosistema. En la capa de 0-10 cm, la Parcela 5 presenta la mayor densidad con un promedio de 387.2 ind/m², lo que sugiere un alto potencial de biodiversidad o actividad biológica en esta zona superficial del suelo. En contraste, la Parcela 3 muestra un promedio más bajo de 256 ind/m², indicando una menor densidad en comparación con otras parcelas. La desviación estándar en esta capa es variable, siendo la Parcela 2 la que muestra la mayor dispersión (117.25), lo que podría reflejar diferencias en las condiciones del suelo o prácticas de manejo.

Al aumentar la profundidad, se observa una clara disminución en la densidad de organismos, con promedios de 99.2 ind/m² y 35.2 ind/m² en las profundidades de 10-20 cm y 20-30 cm, respectivamente. Esta tendencia es consistente con el comportamiento general de los organismos, que tienden a concentrarse en las capas superiores del suelo, donde hay más disponibilidad de nutrientes y materia orgánica. Sin embargo, la Parcela 4 presenta un dato notable en la capa de 20-30 cm, con un promedio de 249.6 ind/m², lo que sugiere la existencia de factores particulares que favorecen la acumulación de organismos a esta profundidad. La alta variabilidad observada, como lo demuestra el coeficiente de variación que alcanza hasta 139.9 en la Parcela 4, subraya la complejidad de la distribución de la densidad en las diferentes parcelas, destacando la importancia de evaluar tanto la profundidad del suelo como las condiciones específicas para entender mejor la estructura del ecosistema.

Tabla 3. Densidad de macrofauna (ind/m2) en los sistemas agroforestales

Parcela	Profundidad	N	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
1	0-10 cm	5	297.6	90.93	30.56	192	432
	10-20 cm	5	99.2	55.89	56.34	48	192
	20-30 cm	5	35.2	20.86	59.27	16	64
2	0-10 cm	5	332.8	117.25	35.23	160	448
	10-20 cm	5	83.2	73.67	88.55	16	192
	20-30 cm	4	68	45.96	67.58	32	128
3	0-10 cm	5	256	89.8	35.08	144	384
	10-20 cm	5	64	11.31	17.68	48	80
	20-30 cm	5	48	37.52	78.17	16	96
4	0-10 cm	5	313.6	140.22	44.71	128	448
	10-20 cm	5	108.8	17.53	16.11	80	128
	20-30 cm	5	249.6	349.19	139.9	16	864
5	0-10 cm	5	387.2	57.02	14.73	336	464
	10-20 cm	5	102.4	104.06	101.62	48	288
	20-30 cm	4	120	112.76	93.97	48	288
6	0-10 cm	5	326.4	53.78	16.48	256	384
	10-20 cm	5	64	45.25	70.71	16	112
	20-30 cm	4	64	56.94	88.98	16	144

Los resultados de densidad observados en esta investigación, que varían entre 48 y 387.2 ind/m², muestran una notable heterogeneidad en comparación con otros estudios. Por ejemplo, Rodríguez et al. (2016) reportaron una densidad de 16,000 ind/m², sugiriendo que la combinación de cultivos y especies forestales puede favorecer una mayor abundancia de macrofauna. En cambio, los valores obtenidos en esta investigación son considerablemente más bajos, lo que podría relacionarse con las condiciones específicas del ecosistema, como el manejo del suelo y la biodiversidad presente. Ccoycca (2018) documentó una densidad de 163.09 ind/m², lo que indica ciertas similitudes en las condiciones edáficas o en los métodos de muestreo.

Por otro lado, Sánchez (2018) encontró una densidad de 1,036 ind/m², reflejando variaciones que podrían deberse a diferencias en las prácticas de manejo agrícola. Romero

(2017) reportó una cifra sorprendentemente alta de 21,370 ind/m², lo que resalta la riqueza biológica potencial en otros contextos agroforestales. Las discrepancias entre los estudios pueden atribuirse a factores como la heterogeneidad de los ecosistemas, la composición de la vegetación y las condiciones ambientales. Estos hallazgos subrayan la importancia de realizar estudios específicos que consideren las características del suelo y las prácticas de manejo para comprender mejor la dinámica de la densidad en sistemas agroforestales.

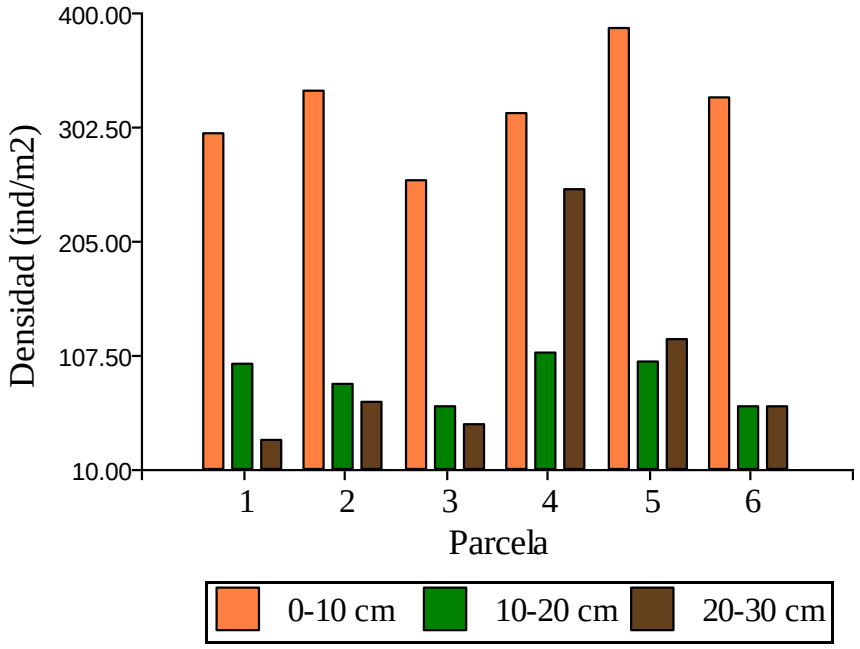

Figura 3. Valores promedio de la densidad de macrofauna por profundidades

4.2.2. Biomasa de macrofauna (g/m^2)

El análisis de la biomasa en las diferentes parcelas y profundidades revela patrones interesantes en la distribución y variabilidad de la misma. En la capa de 0-10 cm, la media de biomasa varía entre las parcelas, destacando la Parcela 3 con un promedio de 91.25, lo que sugiere un buen potencial productivo en esta área. En comparación, la Parcela 1 presenta un promedio más bajo de 71.35, aunque aún es razonable. La desviación estándar en esta capa varía, con la Parcela 2 mostrando la mayor variabilidad (25.33), lo que puede indicar heterogeneidad en las condiciones del suelo o manejo. A medida que se aumenta la profundidad, se observa una disminución general en la biomasa, con promedios de 39.04 y 24.65 en las profundidades de 10-20 cm y 20-30 cm, respectivamente, lo que es consistente con la tendencia de que la biomasa tiende a ser mayor en las capas superiores, donde las raíces pueden acceder

más fácilmente a los nutrientes y al agua. Las diferencias en los promedios y la variabilidad entre parcelas sugieren que el manejo del suelo y las prácticas agronómicas pueden influir significativamente en la biomasa, lo que podría tener implicaciones para el rendimiento agrícola. En resumen, estos resultados indican la importancia de considerar la profundidad del suelo y las condiciones específicas de cada parcela para optimizar la producción de biomasa.

Tabla 4. Biomasa de macrofauna por parcela y profundidades (g/m2)

Parcela	Profundidad	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
1	0-10 cm	5	71.35	13.64	19.11	56.42	87.34
	10-20 cm	5	39.04	16.23	41.57	14.75	53.23
	20-30 cm	5	24.65	14.16	57.43	4.47	36.55
2	0-10 cm	5	80.96	25.33	31.29	41.23	104.33
	10-20 cm	5	30.83	13.14	42.62	11.06	45.05
	20-30 cm	4	28.07	7.57	26.95	18.44	34.58
3	0-10 cm	5	91.25	16.67	18.26	66.52	107.89
	10-20 cm	5	38.85	19.76	50.85	17.5	59.81
	20-30 cm	5	22.48	18.04	80.26	5.38	50.64
4	0-10 cm	5	83.98	17.38	20.7	59.51	103.09
	10-20 cm	5	30.27	7.8	25.76	21.73	39.85
	20-30 cm	5	25.92	3.93	15.17	21.64	30.96
5	0-10 cm	5	85.08	12.65	14.87	70.19	98.44
	10-20 cm	5	35.18	10.24	29.1	23.66	49.99
	20-30 cm	4	29.7	5.13	17.25	23.67	35.07
6	0-10 cm	5	85.4	13.44	15.73	71.74	107.17
	10-20 cm	5	30.97	8.04	25.97	18.65	38.94
	20-30 cm	4	24.52	15.31	62.46	13.28	47.05

Los resultados de tu análisis de biomasa en g/m² revelan diferencias significativas en comparación con otros estudios sobre macrofauna. Por ejemplo, Ccoycca (2018) reportó una biomasa de 17.09 g/m², lo que sugiere que tu promedio de 91.25 g/m² en la capa de 0-10 cm en la Parcela 3 indica un potencial productivo considerablemente más alto. Esta discrepancia puede atribuirse a variaciones en las prácticas de manejo y las condiciones del suelo, como se

indica en el estudio de Calderón et al. (2018), donde se observó una densidad de 1675 ind/m² en un sistema agroforestal. La calidad del suelo, reflejada en parámetros como la materia orgánica y el pH, también puede influir en la biomasa de macrofauna, sugiriendo que un manejo adecuado puede optimizar la productividad.

Además, las diferencias en la biomasa pueden relacionarse con las propiedades químicas y biológicas del suelo presentadas por Rodríguez et al. (2016) y Quinto (2016). En estos estudios, se reportaron densidades de 16,000 ind/m² y 39.04 g/m² en biomasa, lo que destaca la variabilidad que se puede esperar en diferentes sistemas agroforestales. La disminución de la biomasa con la profundidad, como la que observaste, coincide con las tendencias generales en los estudios, donde se señala que la mayor concentración de macrofauna se encuentra en las capas superiores del suelo, donde los recursos son más accesibles. Estas comparaciones subrayan la importancia de las prácticas de manejo del suelo y su efecto en la biomasa de macrofauna, sugiriendo que tu investigación puede contribuir a optimizar la productividad agrícola en diferentes contextos.

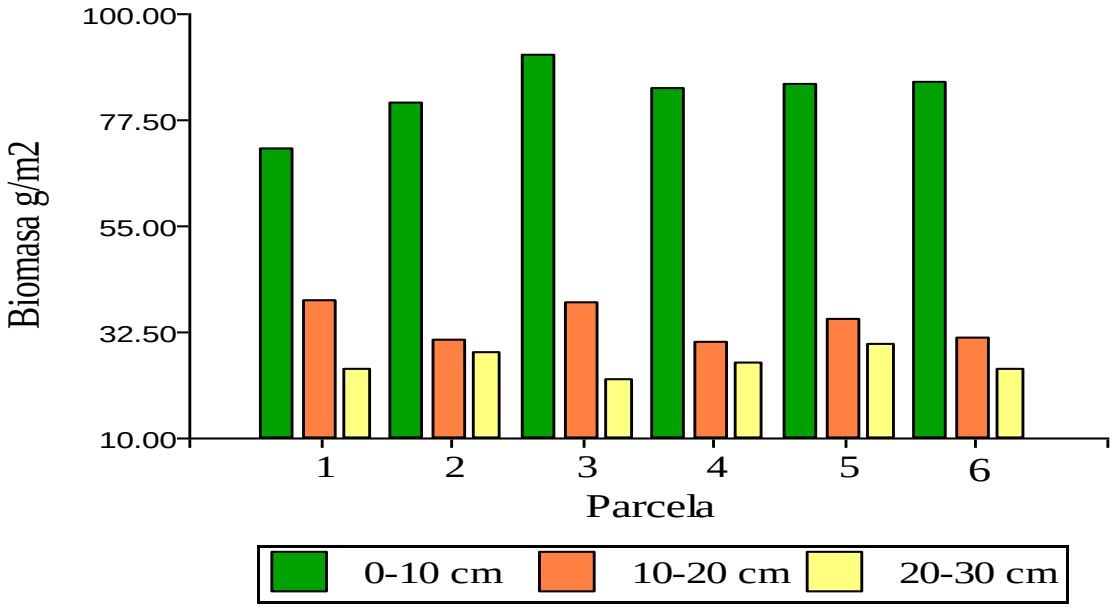

Figura 4. Biomasa de macrofauna (g/m2) en profundidades

4.2.3. Diversidad de macrofauna

La evaluación de la diversidad alfa en las parcelas revela diferencias notables en la riqueza y distribución de especies entre las áreas evaluadas. El índice de Simpson (1-D) muestra que la Parcela SAF 6 tiene la mayor diversidad, con un valor de 0.246, indicando una mayor

equidad entre las especies presentes en comparación con las otras parcelas. Por el contrario, la Parcela SAF 5 presenta un valor de 0.000, lo que sugiere una baja diversidad y predominancia de una o pocas especies, lo que puede ser indicativo de un ecosistema menos equilibrado.

El índice de Shannon (H) complementa esta información al mostrar la Parcela SAF 6 con el valor más alto de 0.514, lo que refuerza la idea de una comunidad más diversa y equilibrada. Las Parcelas SAF 1 y SAF 4 también muestran valores relativamente altos (0.241 y 0.249, respectivamente), indicando una diversidad moderada. En contraste, la Parcela SAF 5 tiene nuevamente un valor de 0.000, lo que enfatiza su falta de diversidad. El índice de Margalef, que evalúa la riqueza de especies, presenta la mayor diversidad en la Parcela SAF 6 (0.670), mientras que las otras parcelas tienen valores más bajos, sugiriendo que la Parcela SAF 6 no solo tiene una mayor cantidad de especies, sino también una mejor distribución de ellas. En general, estos índices reflejan diferencias significativas en la diversidad alfa, lo que puede tener implicaciones para la salud y estabilidad del ecosistema en cada una de las parcelas.

Tabla 5. Diversidad alfa de macrofauna edáfica en las parcelas de SAF

Diversidad alfa	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4	SAF 5	SAF 6
Simpson_1-D	0.101	0.145	0.048	0.125	0.000	0.246
Shannon_H	0.241	0.279	0.121	0.249	0.000	0.514
Margalef	0.438	0.222	0.227	0.222	0.000	0.670

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre diversidad alfa, reflejados en los índices de Simpson, Shannon y Margalef, muestran variaciones significativas entre los sistemas agroforestales (SAF) analizados. El índice de Simpson (1-D) varió de 0.000 a 0.246, y el índice de Shannon_H osciló entre 0.121 y 0.514, lo que sugiere una diversidad variable en las comunidades de macrofauna. Comparando estos hallazgos con los reportados por Calderón et al. (2018), que obtuvieron un índice de diversidad de 0.94 en un sistema agroforestal, se puede inferir que los sistemas en este estudio podrían estar presentando una menor diversidad en comparación con los hallazgos previos. Además, la baja diversidad observada en SAF 4 y SAF 5, con índices de 0.000, sugiere una homogeneidad que podría estar asociada con prácticas de manejo del suelo menos favorables para la diversidad biológica.

Por otro lado, al analizar las investigaciones de Rodríguez et al. (2016) y Ccoycca (2018), que reportaron índices de diversidad de 0.42 y 0.12 respectivamente, se observa que los

SAF en este estudio presentan una diversidad competitiva. Este patrón de diversidad también se ve reflejado en el índice de Margalef, donde se registran valores que van de 0.000 a 0.670, destacando SAF 6 con un índice considerablemente alto. Esto sugiere que la heterogeneidad en el manejo de estos sistemas agroforestales puede estar influyendo positivamente en la diversidad de la macrofauna del suelo. En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de las prácticas de manejo del suelo en la promoción de la biodiversidad en sistemas agroforestales, y sugieren que el monitoreo y ajuste de dichas prácticas podrían mejorar la salud del suelo y su capacidad para soportar una diversidad rica de organismos.

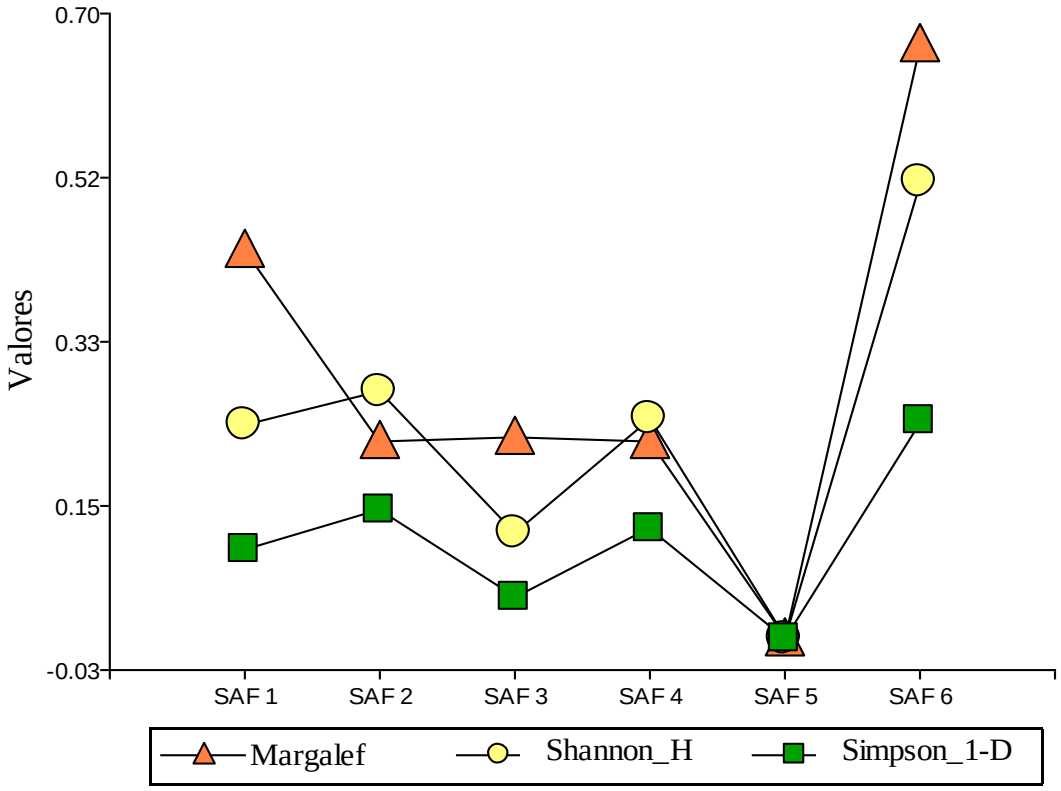

Figura 5. Representación grafica de los índices de diversidad alfa

4.2.4. Correlación de los índices de diversidad con los indicadores químicos del suelo

Las correlaciones entre los índices de diversidad alfa, como Simpson_1-D, Shannon_H y Margalef, y los indicadores químicos del suelo, como el pH, la materia orgánica (M.O.), el nitrógeno (N) y el fósforo (P), proporcionan una visión integral de cómo las condiciones edáficas influyen en la diversidad de la macrofauna. La fuerte correlación del índice de Simpson_1-D con el fósforo (0.96) sugiere que niveles más altos de este nutriente pueden ser

decisivos para promover una mayor diversidad en la comunidad de macrofauna. Esto es coherente con estudios previos que han destacado el papel crucial del fósforo en la productividad del suelo y la salud ecológica, ya que favorece el crecimiento de las plantas, lo que a su vez sustenta una mayor diversidad de organismos.

Además, el pH muestra correlaciones moderadas con los índices de diversidad, lo que implica que condiciones de pH adecuadas pueden favorecer un entorno más habitable para diversas especies. Por otro lado, las correlaciones más débiles con la materia orgánica y el nitrógeno (0.21 y 0.20) indican que, aunque estos factores son importantes, su influencia en la diversidad alfa puede no ser tan directa como la del fósforo y el pH. Esto podría sugerir que otros factores, como la interacción entre diferentes especies o la estructura del hábitat, también juegan roles significativos en determinar la diversidad. Este análisis enfatiza la necesidad de un manejo integrado que optimice las condiciones químicas del suelo, especialmente el fósforo y el pH, para fomentar ecosistemas agroforestales saludables y diversos, que son fundamentales para la sostenibilidad ambiental.

Tabla 6. Correlación de Pearson de los índices de diversidad y los indicadores químicos

Diversidad	Indicadores químicos			
	Ph	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)
Simpson_1-D	0.38	0.23	0.22	0.96
Shannon_H	0.43	0.21	0.2	0.92
Margalef	0.66	0.23	0.24	0.49

V. CONCLUSIONES

1. Los resultados del análisis de las propiedades químicas del suelo en las parcelas evaluadas indican la necesidad de un manejo agronómico específico para mejorar la fertilidad y sostenibilidad del suelo. El pH promedio de 4.2, junto con los niveles de nitrógeno (0.13%) y fósforo (6.41 ppm), sugiere que estas condiciones podrían limitar el rendimiento agrícola y afectar el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, es crucial implementar prácticas de manejo que optimicen la disponibilidad de nutrientes, como la aplicación de enmiendas y fertilizantes, para promover un suelo más saludable y productivo.
2. La evaluación de la densidad, biomasa y diversidad alfa en las parcelas estudiadas proporciona información valiosa sobre la salud y productividad de los ecosistemas. En términos de densidad, la Parcela 5 destaca con un promedio de 387.2 ind/m² en la capa de 0-10 cm, lo que sugiere un alto potencial biológico. Esta tendencia se refleja también en la biomasa, donde la misma parcela presenta un promedio de 85.08 en la capa de 0-10 cm, indicando una buena acumulación de materia orgánica. En contraste, la Parcela 5 muestra un índice de Simpson de 0.000, lo que evidencia una falta de diversidad, mientras que la Parcela SAF 6 se destaca con un índice de Shannon de 0.514 y un índice de Simpson de 0.246, indicando una comunidad más equilibrada y diversa. Estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias de manejo que fomenten tanto la biodiversidad como la producción sostenible, asegurando la salud y estabilidad de los ecosistemas en las parcelas evaluadas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Capacitar a los agricultores en prácticas de manejo y conservación de suelos sostenibles, promoviendo la incorporación de materia orgánica para mejorar la actividad microbiana y el uso de coberturas muertas y vivas para prevenir la erosión del suelo.
2. Mejorar la salud del suelo: Incorporar materia orgánica para aumentar la actividad microbiana y mejorar la estructura y fertilidad del suelo.
3. Prevenir la erosión del suelo: Implementar el uso de coberturas muertas y vivas para reducir la erosión y mantener la integridad del suelo.
4. Conservar la microfauna del suelo: Promover prácticas de manejo sostenible que eviten el uso indiscriminado de plaguicidas y herbicidas, protegiendo la biodiversidad del suelo.

VI. REFERENCIAS

Álvarez, A., Barrueta, M., Cristancho, K., Figueroa, Y., Fernández, A., Osorio, E., Rengifo, L., Santillán, B., Toledo, G., Torres, L., Zelaya, A., Beteta, V. (2016). Macrofauna bioindicadora y uso en los suelos de los ecosistemas Bosque y Pastizal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Red Peruana de Jóvenes Divulgadores Científicos. Disponible en : https://www.researchgate.net/profile/Bryan-Santillan-Tello/publication/310612039_MACROFAUNA_BIOINDICADORA_Y_USO_EN_LOS_SUELOS_DE_LOS_ECOSISTEMAS_BOSQUE_Y_PASTIZAL_DE_LA_UNIVERSIDAD_NACIONAL_AGRARIA_DE_LA_SELVA/links/5b78418c4585151fd11f6eb3/MACROFAUNA-BIOINDICADORA-Y-USO-EN-LOS-SUELOS-DE-LOS-ECOSISTEMAS-BOSQUE-Y-PASTIZAL-DE-LA-UNIVERSIDAD-NACIONAL-AGRARIA-DE-LA-SELVA.pdf

Arévalo, E. (2014). Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio institucional. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1758/F08-A74-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Barbaro, L., Karlanian, M., Mata, D. (2009). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas (P. 7)

Bolaños, A., Azero, M., Morales, E. (2014). Evalucion de la influencia de las tres especies: tunal (*Opuntia ficus-indica* L.), chacatea (*Dodonea viscosa* Jacq.) y molle (*Schinus molle* L.) sobre las propiedades edaficas de un sistema agroforestal sucesional en Combuyo-Vinto. *Acta nova. 6(4), 523-524.*

Bravo, E. (2013). Apuntes sobre la biodiversidad de Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Tomo 28. BID.

Brimecombe, J., De Lelj, A., Lynch, M. (2001). The Rhizosphere. The Effect of Root Exudates on Rhizosphere Microbil Populations. In: R Pinton; Z Varanini & P Nannipieri (eds.). The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. Marcel Dekker, New York, pp 95-140.

Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Ciencias Agrícolas, 33(2), 117-124. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf

Calderón, C., Bautista, G., Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Oriniquia. 22(2), 141-157.*

Ccoycca, S. (2018). Estudio de la macrofauna del suelo en sistemas agroforestales en los Distritos de Laberinto e Inambari del Departamento de Madre de Dios. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio institucional UNAMAD. https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/353/004-2-3-079.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores, A., Gálvez, V., Hernández, O., López, J., Obregón, A., Orellana, R., Otero, L. & Valdés, M. (1996). Salinidad un nuevo concepto (P.137). Colima, MX. Editorial Colima.

Food and Agriculture Organization (FAO) y Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA) (2002). Los fertilizantes y su uso (p. 6-9). París, Francia.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. (p.1-4). Roma, Italia.

Fernández, R., Leva, J. (2003). Ecología para la agricultura. ed. Mundi prensa.

Gilbert, G. (2002). Interacciones entre microorganismos y plantas. Sección V En: Ecología y conservación de bosques neotropicales/Manuel Guariguata & Gustavo Kattan, Editores. 1a ed. Ediciones LUR. Costa Rica.

He, Z.; Yang, X.; Baligar, V.; Calvert, D. (2003). Microbiological an biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils. Advances in Agronomy 78: 89-133.

López, J. (2006). Manual de edafología. Sevilla departamento de cristalografía, mineralogía y química agrícola de la universidad de Sevilla.

López, J. (2013). Ecología y conservación. Laboratorio y campo. México. TRILLAS.

Machado, L., Rodríguez, L., Murcia, V., Orduz, S., Ordoñez, C., Suáres, J. (2020). Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. Revista de Biologia Tropical, 69, 102–112. https://doi.org/10.15517/RBT.V69I1.42955

Margalef, R. (1995). Ecología. Omega. Barcelona, España. Consultado en Junio de 2016 Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726 221621001&script=scarttext .

MAgurran, A E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

Meléndez, G. & Soto, G. (2003). Residuos orgánicos y la materia orgánica del suelo (P. 1- 5). Sabanilla, Costa Rica

Mercado, S. (2000). Índices de integridad biótica de aproximación a su desarrollo. Diversidad biológica de ríos y arroyos del centro de México: Bases para su 88 conocimiento y conservación. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Milz, J. (2005). Sexto taller internacional en agroforestería sucesional.13 de marzo al 20 de marzo 2005. Ecotop S.R.L.,Sapecho-Bolivia.

Monsalve, Ó., Gutiíerrez, J., Cardona, W. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo . Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas., 11, 200–209.*

Montané de la Vega, R. (2015). Ecología y conservación ambiental. 2° ed. México. Trillas. (p. 44).

Mora, J. (2006). La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo. Revista Luna Azul. Universidad de Caldas, Manizales - Colombia.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México. 80 p

Ortega, E. (2020). Caracterización del estado agroecológico de cuatro sistemas agroforestales con café bajo manejo orgánico en el departamento de Boaco, 2011. [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/4249/1/tnf08o77c.pdf

Parrales, J. (2022). Efectos de los sistemas agroforestales sobre la fertilidad de los suelos del sitio Ramo Grande, parroquia La America, cantón Jipijapa. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio institucional UNESUM. http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4041/1/Parrales%20Cevallos%20Johana%20Jazm%c3%adn.pdf

Peña, Y., Rodríguez, L. (2018). Efecto de diferentes niveles de diversidad microbiana del suelo en la relación simbiótica planta – hongo Micorrízico Arbuscular. In Universidad distrital Francisco Jose de Caldas. http://hdl.handle.net/11349/14010

Pérez, A. (2004). Aspectos conceptuales, análisis numérico, monitoreo y publicación de datos sobre biodiversidad. MARENA, NI. p. 339

Pérez, D. (2015). Medio ambiente y gestión forestal. ICB editores. España.

Quinto, C. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1303/QCCE_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica, 4, 101–105.*

Roberto Ramírez Carvajal (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (p. 12-13). Bogotá, Colombia

Rodríguez, A., Cristóbal, D., Álvarez, E., Uribe, A. (2016). Indicadores de calidad de un suelo para la producción de maíz bajo sistema agroforestal y monocultivo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas. 7(16), 3263-3275.*

Romero, Y. (2017). Macroinvertebrados del suelo en diferentes unidades agroecológicas de café (*Coffea arabica* L.) en la región San Martin. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional UNSM.

https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2458/1/Yuri%20Gerardo%20Romero%20Ch%C3%A1vez.pdf

Sánchez, G. (2018). Evaluación de la macrofauna del suelo en cuatro diferentes Sistemas de uso, en el Distrito Las Piedras, Provincia de Tambopata Departamento Madre de Dios. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio institucional UNAMAD. https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/348/004-2-3-074.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sheifa, J. (2013). Laboratorio de Servicios Analíticos Centro Internacional de Agricultura Tropicalciat agosto. Universidad nacional abierta y a distancia escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente.

Silicuana, N. (2017). Evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con sistemas agroforestales en zona semiárida en la provincia Tapacari-Cochabamba. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional UMSA. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13694/T-2455.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trávez, K. (2020). Diversidad de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la calidad de suelo en un gradiente de intensidad de uso de la tierra en la Esperanza- Pedro-Moncayo- Ecuador. [Tesis de pregrado, Universidad central del Ecuador]. Repositorio institucional de UCE. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21140/1/T-UCE-0016-CBI-052.pdf

Valenzuela, B., Visconti, E. (2018). Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 12, 233– 243.*

Varela-Romero, A., Vílchez-Vargas, R., & Calderón, K. (2019). Evaluación del ciclo del nitrógeno en un suelo agrícola perturbado con compuestos Salfen de níquel y zinc. 29–39.

Velásquez, E., Lavelle, P. (2019). Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. Acta Oecologica; Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446.

Whittaker, H. (1977). Evolución de la diversidad de las especies en las comunidades. Biología Evolutiva. Eds. Plenum Press, Nueva York, EE.UU. 67 p.

ANEXO

Tabla 7. Individuos y biomasa de macrofauna en la primera parcela

MONOLITO	Profundidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	3.13445	56.42010	17	272
	10-20 cm	2.72663	49.07934	6	96
	20-30 cm	2.03070	36.55260	4	64
M2	0-10 cm	4.85215	87.33870	27	432
	10-20 cm	0.81919	14.74542	12	192
	20-30 cm	0.85135	15.32430	1	16
M3	0-10 cm	3.54755	63.85590	12	192
	10-20 cm	2.66914	48.04452	4	64
	20-30 cm	0.24819	4.46742	1	16
M4	0-10 cm	3.60275	64.84950	16	256
	10-20 cm	1.67200	30.09600	3	48
	20-30 cm	1.98620	35.75160	2	32
M5	0-10 cm	4.68156	84.26808	21	336
	10-20 cm	2.95706	53.22708	6	96
	20-30 cm	1.73117	31.16106	3	48

Tabla 8. Individuos y biomasa de macrofauna en la segunda parcela

MONOLITO	Produnidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	2.29055	41.22990	10	160
	10-20 cm	0.61419	11.05542	1	16
	20-30 cm				
M2	0-10 cm	5.79620	104.33160	21	336
	10-20 cm	1.98360	35.70480	1	16
	20-30 cm	1.42505	25.65090	5	80
M3	0-10 cm	4.74769	85.45842	27	432
	10-20 cm	2.06735	37.21230	5	80
	20-30 cm	1.86754	33.61572	2	32
M4	0-10 cm	5.56420	100.15560	18	288
	10-20 cm	2.50257	45.04626	12	192
	20-30 cm	1.02457	18.44226	2	32
M5	0-10 cm	4.08985	73.61730	28	448
	10-20 cm	1.39501	25.11018	7	112
	20-30 cm	1.92125	34.58250	8	128

Tabla 9. Individuos y biomasa de macrofauna en la tercera parcela

MONOLITO	Profundidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	5.79896	104.38128	13	208
	10-20 cm	0.97230	17.50140	4	64
	20-30 cm	1.42657	25.67826	5	80
M2	0-10 cm	5.99410	107.89380	9	144
	10-20 cm	1.01900	18.34200	5	80
	20-30 cm	2.81350	50.64300	1	16
M3	0-10 cm	3.69568	66.52224	24	384
	10-20 cm	3.32280	59.81040	3	48
	20-30 cm	1.25290	22.55220	6	96
M4	0-10 cm	4.68942	84.40956	18	288
	10-20 cm	2.94358	52.98444	4	64
	20-30 cm	0.29880	5.37840	1	16
M5	0-10 cm	5.17038	93.06684	16	256
	10-20 cm	2.53523	45.63414	4	64
	20-30 cm	0.45169	8.13042	2	32

Tabla 10. Individuos y biomasa de macrofauna en la cuarta parcela

MONOLITO	Produnidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	3.30618	59.51124	8	128
	10-20 cm	1.82595	32.86710	7	112
	20-30 cm	1.33256	23.98608	6	96
M2	0-10 cm	4.77827	86.00886	14	224
	10-20 cm	1.89778	34.16004	7	112
	20-30 cm	1.72014	30.96252	5	80
M3	0-10 cm	5.72737	103.09266	28	448
	10-20 cm	1.26344	22.74192	5	80
	20-30 cm	1.20202	21.63636	12	192
M4	0-10 cm	4.15646	74.81628	20	320
	10-20 cm	1.20743	21.73374	8	128
	20-30 cm	1.61833	29.12994	1	16
M5	0-10 cm	5.36017	96.48306	28	448
	10-20 cm	2.21385	39.84930	7	112
	20-30 cm	1.32828	23.90904	54	864

Tabla 11. Individuos y biomasa de macrofauna en la quinta parcela

MONOLITO	Produnidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	4.65900	83.86200	22	352
	10-20 cm	1.68767	30.37806	4	64
	20-30 cm	1.81261	32.62698	3	48
M2	0-10 cm	4.20145	75.62610	29	464
	10-20 cm	2.25351	40.56318	4	64
	20-30 cm				
M3	0-10 cm	3.89944	70.18992	21	336
	10-20 cm	1.73921	31.30578	3	48
	20-30 cm	1.94813	35.06634	4	64
M4	0-10 cm	5.40552	97.29936	22	352
	10-20 cm	2.77741	49.99338	3	48
	20-30 cm	1.52552	27.45936	5	80
M5	0-10 cm	5.46877	98.43786	27	432
	10-20 cm	1.31459	23.66262	18	288
	20-30 cm	1.31476	23.66568	18	288

Tabla 12. Individuos y biomasa de macrofauna en la sexta parcela

MONOLITO	Produnidad	Biomasa (g)	Biomasa(g/m2)	Individuos	Densidad (Ind/m2)
M1	0-10 cm	4.36470	78.56460	18	288
	10-20 cm	2.00310	36.05580	3	48
	20-30 cm	0.95370	17.16660	1	16
M2	0-10 cm	3.98540	71.73720	23	368
	10-20 cm	1.86320	33.53760	7	112
	20-30 cm	1.14260	20.56680	2	32
M3	0-10 cm	4.85720	87.42960	16	256
	10-20 cm	1.03600	18.64800	1	16
	20-30 cm	0.73780	13.28040	9	144
M4	0-10 cm	4.56235	82.12230	21	336
	10-20 cm	2.16359	38.94462	7	112
	20-30 cm	2.61373	47.04714	4	64
M5	0-10 cm	5.95372	107.16696	24	384
	10-20 cm	1.53700	27.66600	2	32
	20-30 cm				

Figura 6. Delimitación de las parcelas dentro de los SAFs

Figura 7. Toma de muestras para análisis químico del suelo

Figura 8. Delimitación de los puntos para muestra de macrofauna

Figura 9. Obtención de muestras a tres profundidades

Figura 10. Separación de muestras por profundidad

Figura 11. Muestras de macrofauna edáfica para su identificación

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

ANALISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	HUAMANCAYO YSMINIO LUCIA DELSY	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	15/12/2023
PROVINCIA:	HUAMALIES	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	15/12/2023
DISTRITO:	MONZON	FECHA DE REPORTE:	22/12/2023
CASERIO;	SHIANCA	RECIBO O FACTURA:	31210
CULTIVO	CAFÉ	OBSERVACION	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	CE	M.O.	N	C	P	K_2O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidos Cambiables	Saturación de Aluminio
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural		dS/m				disponible												
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm		CAMBIABLES Cmol(+)/kg							%	%	%
1	S1750-1	P1	49.67	16.79	33.54	Franco	4.30	0.207	2.567	0.128	1.489	10.321	74.555	----	2.210	0.363	0.165	0.084	0.940	0.760	4.522	62.406	37.594	20.787
2	S1750-2	P2	47.67	24.79	27.54	Franco	4.31	0.186	2.676	0.134	1.552	5.716	58.596	----	2.280	0.265	0.078	0.088	1.098	0.902	4.711	57.544	42.456	23.308
3	S1750-3	P3	31.67	36.79	31.54	Franco Arcilloso	3.55	0.142	2.621	0.131	1.520	6.084	59.524	----	2.120	0.275	0.102	0.083	1.800	1.300	5.680	45.423	54.577	31.690
4	S1750-4	P4	39.67	28.79	31.54	Franco Arcilloso	4.33	0.175	2.457	0.123	1.425	5.348	61.871	----	3.150	0.378	0.108	0.085	1.010	0.690	5.422	68.646	31.354	18.628
5	S1750-5	P5	43.67	22.79	33.54	Franco	4.32	0.134	2.348	0.117	1.362	5.256	70.702	----	3.470	0.440	0.121	0.088	0.700	0.400	5.219	78.924	21.076	13.412
6	S1750-6	P6	53.67	28.79	17.54	Franco Arcillo Arenoso	4.41	0.227	2.621	0.131	1.520	5.716	38.926	----	2.890	0.343	0.058	0.090	0.600	0.600	4.581	73.806	26.194	13.097

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicologia

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE AGRONOMIA Laboratorio de Análisis de Suelos Tingo María

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Figura 12. Análisis de suelos obtenida por el Laboratorio de análisis de suelos, Agua y Ecotoxicología