

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



MACROFAUNA EDÁFICA DE UNA PLANTACIÓN DE *Dendrocalamus asper* (BAMBÚ) EN UN SUELO DEGRADADO EN TINGO MARÍA

Tesis

Para optar por el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

YAQUELINE ALONDRA LUJAN NEIRA

Tingo María – Perú.

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 066-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de diciembre de 2024, a horas 7:00 p.m. de la Escuela Profesional de ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“MACROFAUNA EDÁFICA DE UNA PLANTACIÓN DE *Dendrocalamus asper*
(BAMBÚ) EN UN SUELO DEGRADADO EN TINGO MARÍA”**

Presentado por la Bachiller: **LUJAN NEIRA, YAQUELINE ALONDRA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENA**”.

En consecuencia, el 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, 22 de mayo de 2025

Ing. MSc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
PRESIDENTE

Ing. MSc. GUNTER DAZA PANDURO
MIEMBRO



Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
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° 171 - 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
MACROFAUNA EDÁFICA DE UNA PLANTACIÓN DE Dendrocalamus asper (BAMBÚ) EN UN SUELO DEGRADADO EN TINGO MARÍA	YAQUELINE ALONDRA LUJAN NEIRA	20 % Veinte

Tingo María, 02 de junio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



MACROFAUNA EDÁFICA DE UNA PLANTACIÓN DE *Dendrocalamus asper*
(BAMBÚ) EN UN SUELO DEGRADADO EN TINGO MARÍA

Autor : Bach. Lujan Neira, Yaqueline Alondra

Asesor : Ing. Mg. Sc. Caldas De La Cruz, Brayan André

Programa de investigación : Gestión de bosques y plantaciones forestales

Línea(s) de investigación : Biomasa y ecología forestal

Eje temático : Biomasa en el suelo y necromasa

Lugar de ejecución : Tingo María

Duración : 12 meses

Financiamiento : S/. 2 786,30

Tingo María – Perú
2024



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA**

(RESOLUCIÓN N° 477-2023-D-FRNR-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado.

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Recursos Naturales Renovables
Escuela	: Escuela Profesional de Ingeniería Forestal
Título del proyecto de Tesis	: Macrofauna edáfica de una plantación de <i>Dendrocalamus asper</i> (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María
Autor	: Lujan Neira, Yaqueline Alondra
Asesor de Tesis	: Ing. Mg. Sc. CALDAS DE LA CRUZ, Brayan André
Objetivo general	: Evaluar la macrofauna edáfica de una plantación de <i>Dendrocalamus asper</i> (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María.
Programa de investigación	: Gestión de bosques y plantaciones forestales
Línea de investigación	: Biomasa y ecología forestal
Eje temático de investigación	: Biomasa en el suelo y necromasa
Lugar de ejecución	: BRUNAS – Tingo María
Duración	: 12 meses Fecha de inicio: 20/08 /2023 Fecha termino: 20 /08/2024
Financiamiento	: FEDU : No Propio: Si Otros: No
Presupuesto	: S/. 2 786, 30

Tingo María – Perú , junio, 2025.

Bach. Lujan Neira,
Yaqueline Alondra.

Ing. Mg. Sc. Caldas De
La Cruz, Brayan
André.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la salud e iluminarme, por ser nuestro guía, por haberme dado la sabiduría y la fortaleza, por permitirme estar alcanzando el logro de mis metas propuestas mediante mis estudios. Cada día de mi vida has estado a mi lado y en cada momento que he vivido, me has acompañado. ¡Gracias, Dios!

A mis padres, porque han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, por su inmenso sacrificio y dedicación para brindarme la mejor educación posible, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy, cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro, como una meta conquistada. Orgullosa por ayudarme a ser una persona mejor cada día y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A todos mis docentes universitarios por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional, por su dedicación, perseverancia y tolerancia, influyendo en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

- A mi madre VILMA NEIRA ABAD, que me ha dado la existencia, la capacidad por superarme y desearme lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida y mi carrera profesional. También por formarme como una mujer de bien, gracias por ser como eres, porque su presencia y persona me ha ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.
- A mi asesor Ing. Mg. Sc. Caldas de la Cruz, Brayan André, por su orientación, sabiduría y paciencia durante todo el proceso de investigación. Su guía experta y comentarios invaluable han dado forma a esta tesis. Gracias por creer en mí y por ser un mentor excepcional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Suelo.....	3
2.1.2. Características físicas del suelo	3
2.1.3. Características químicas	4
2.1.4. Características biológicas.	6
2.1.5. Biodiversidad del suelo	7
2.1.6. Organismo del suelo como valor funcional de diversidad	7
2.1.7. Macrofauna edáfica	8
2.1.8. Funciones y componentes de la macrofauna edáfica.....	8
2.1.9. Descripción taxonómica de <i>Dendrocalamus asper</i> (Schult) Backer.....	13
2.1.10. Descripción botánica <i>D. asper</i> (Schult) Backer.....	13
2.1.11. Distribución geográfica.....	14
2.1.12. Características ecológicas.....	14
2.1.13. Usos generales	14
2.2. Estado del arte	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.1.1. Ubicación política	21
3.1.2. Ubicación geográfica.....	21
3.1.3. Clima	21
3.2. Materiales y equipos	21
3.2.1. Materiales y herramientas de campo	21
3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio	21
3.2.3. Insumos	22
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Composición y diversidad de macrofauna edáfica.....	22
3.3.2. Densidad (ind/m ²) de macrofauna edáfica	24
3.3.3. Biomasa (g/m ²) de macrofauna edáfica.....	24
3.4. Tipo, nivel y diseño de investigación	24

3.5. Variable dependiente e independiente	25
3.6. Técnicas estadísticas	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Composición y diversidad de macrofauna.....	26
4.1.1. Abundancia de macrofauna edáfica	26
4.1.2. Diversidad de macrofauna edáfica	30
4.2. Densidad (ind/m ²) de macrofauna edáfica.....	32
4.3. Biomasa (g/m ²) de macrofauna edáfica	38
V. CONCLUSIÓN.....	42
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	43
VII. REFERENCIAS.....	44
ANEXO.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Orden, familia y nombre común de macrofauna edáfica en la primera evaluación...	26
2. Orden, familia y nombre común de macrofauna edáfica en la última evaluación.....	27
3. Densidad (ind/m ²) de macrofauna edáfica en la primera evaluación.....	32
4. Promedio de densidad de macrofauna edáfica (ind/m ²) a tres profundidades en la primera evaluación.....	33
5. Densidad (ind/m ²) de macrofauna edáfica en la última evaluación.....	34
6. Promedio de densidad de macrofauna edáfica (ind/m ²) a tres profundidades en la última evaluación.....	35
7. Biomasa (g/m ²) en la primera evaluación.....	38
8. Biomasa (g/m ²) en la última evaluación.....	39
9. Macrofauna en la primera evaluación.....	50
10. Macrofauna registrada en la última evaluación.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama de colecta y distribución de monolito	22
2. Abundancia de la macrofauna edáfica por familia en la primera evaluación.....	26
3. Abundancia de la macrofauna edáfica por familia en la última evaluación.....	28
4. Índices de diversidad alfa al inicio y final en la evaluación.....	30
5. Promedio de densidad de macrofauna (ind/m ²) en la primera evaluación.....	32
6. Valores porcentuales a tres profundidades de densidad de macrofauna en la primera evaluación.....	34
7. Promedio de densidad de macrofauna (ind/m ²) en la última evaluación.....	35
8. Valores porcentuales a tres profundidades de densidad de macrofauna en la última evaluación.....	36
9. Promedio de biomasa de macrofauna edáfica (g/m ²) en la primera evaluación.....	38
10. Promedio de biomasa de macrofauna edáfica (g/m ²) en la última evaluación.....	39
11. Constancia de identificación de macrofauna edáfica.....	55
12. Delimitación de los monolitos para muestreo de macrofauna edáfica.....	56
13. Instalación del letrero correspondiente a la tesis.....	56
14. Obtención de las muestras de suelo a diferentes profundidades.....	57
15. Separación del suelo con la macrofauna	57
16. Muestras de macrofauna separada por monolito y profundidad	58
17. Conteo y peso de la macrofauna edáfica.....	58

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna edáfica en una plantación de *Dendrocalamus asper* establecida en un suelo degradado del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se analizaron cuatro filas de la plantación en dos momentos (antes y después de un año) y a tres profundidades del suelo (0–10, 10–20 y 20–30 cm). En la segunda evaluación se observó un aumento en la abundancia de termitas (de 42 a 135 individuos) y lombrices (de 102 a 106). La riqueza de especies, según el índice de Margalef, subió de 2,178 a 2,238, indicando una leve mejora en la diversidad. El índice de Simpson aumentó de 0,6329 a 0,6926, lo que sugiere mayor dominancia de ciertas especies. En cambio, el índice de Shannon se redujo ligeramente de 1,422 a 1,405, reflejando menor equidad. La densidad de macrofauna mostró incrementos significativos: la fila 1 pasó de 160 a 588 ind/m²; la fila 2, de 122 a 288 ind/m²; la fila 3, de 132 a 218 ind/m²; y la fila 4, de 109,33 a 192 ind/m². La biomasa también aumentó, con la fila 1 subiendo de 23,90 a 38,52 g/m² y la fila 4 de 9,98 a 15,20 g/m². Estos resultados indican una mejora en la salud del suelo, favoreciendo el incremento de la macrofauna edáfica en términos de densidad, biomasa y algunos indicadores de diversidad.

Palabras claves: Biomasa, *Dendrocalamus asper*, macrofauna edáfica, suelo degradado.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the density, biomass, and diversity of soil macrofauna in a *Dendrocalamus asper* plantation established on degraded soil within the reserved forest of the National Agrarian University of the Jungle. Four plantation rows were analyzed at two different times (before and after one year) and at three soil depths (0–10, 10–20, and 20–30 cm). In the second evaluation, an increase was observed in the abundance of termites (from 42 to 135 individuals) and earthworms (from 102 to 106). Species richness, according to the Margalef index, increased from 2.178 to 2.238, indicating a slight improvement in diversity. The Simpson index rose from 0.6329 to 0.6926, suggesting greater dominance of certain species. In contrast, the Shannon index slightly decreased from 1.422 to 1.405, indicating lower evenness. Macrofauna density showed significant increases: row 1 rose from 160 to 588 ind/m²; row 2, from 122 to 288 ind/m²; row 3, from 132 to 218 ind/m²; and row 4, from 109.33 to 192 ind/m². Biomass also increased, with row 1 rising from 23.90 to 38.52 g/m² and row 4 from 9.98 to 15.20 g/m². These results indicate an improvement in soil health, supporting the increase of soil macrofauna in terms of density, biomass, and some diversity indicators.

Keywords: Biomass, *Dendrocalamus asper*, Edaphic macrofauna, degraded soil.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los bosques de la Amazonía enfrentan diversas intervenciones antrópicas, como incendios forestales y tala indiscriminada, las cuales generan cambios significativos en la estructura del suelo, así como la pérdida de flora y fauna. Estas alteraciones han llevado a una transformación de los ecosistemas, favoreciendo la introducción de especies adaptables que permitan recuperar las áreas degradadas por la actividad humana.

El suelo en los diferentes ecosistemas forestales es un recurso natural vital, reconocido como un entorno dinámico y activo que sustenta a todos los organismos que lo habitan. En este medio se desarrollan procesos esenciales para los ecosistemas, como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. La selección y uso de indicadores que muestren su calidad son fundamentales para atender la necesidad de conservar este recurso, dado su creciente deterioro y su importancia para la vida en el planeta.

La macrofauna edáfica en ecosistemas tiene un rol importante, ya que nos permiten medir los procesos que ocurren en el suelo, esto porque influye directa e indirectamente en la estructura y fertilidad del suelo. Al conocer los organismos que habitan en la parte superficial y es considerado un indicador biológico, puesto que debido a su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el que se desarrollan las plantas.

El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva no es ajeno a esto gran parte del bosque se encuentra degradado por acciones de personas aledañas, donde años anteriores se ha instalado *Dendrocalamus asper* (Bambú) que es una especie que se adapta de forma favorable a cualquier tipo de suelo; sin embargo, no cuenta con información que sustenten actualmente como la calidad del suelo viene mejorando por efecto de esta especie, por lo cual se genera la siguiente interrogante ¿Cuál será La macrofauna edáfica de una plantación de *Dendrocalamus asper* (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María?

La investigación pretende dar a conocer la actividad biológica del suelo, teniendo en cuenta la macrofauna existente en una plantación de *D. asper* en suelo degradado, con el fin de tomar decisiones o implementar algún manejo silvicultural o abonamiento.

Objetivo general

Evaluar la macrofauna edáfica de una plantación de *Dendrocalamus asper* (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María.

Objetivos específicos

- Determinar la diversidad alfa de macrofauna edáfica de una plantación de *Dendrocalamus asper* (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María.
- Determinar la densidad de macrofauna edáfica de una plantación de *Dendrocalamus asper* (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María.
- Determinar la biomasa de macrofauna edáfica de una plantación de *Dendrocalamus asper* (Bambú) en un suelo degradado en Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Suelo

Según Cabrera (2014), el suelo es un recurso natural limitado y no renovable, que actúa como un entorno activo y vital, esencial para el sustento de todos los seres vivos. Además, en el suelo se desarrollan procesos clave de los ecosistemas, incluyendo la circulación y transformación del agua, así como el movimiento de elementos vitales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo. La elección y uso de indicadores para medir su calidad son necesarios para proteger este recurso, Su deterioro progresivo es preocupante, especialmente porque es un recurso indispensable del cual depende la supervivencia de todas las formas de vida terrestres.

2.1.2. Características físicas del suelo

Las características físicas del suelo dependen de su masa total. Entre estas propiedades físicas se incluyen el color, la textura, la estructura, la consistencia, la porosidad, la permeabilidad y la densidad (FAO, 2016).

a) La textura del suelo

Menciona la relación de diferentes elementos inorgánicos que pueden presentarse en varias formas y tamaños, como arena, limo y arcilla. La textura del suelo es una característica fundamental, puesto que tiene un impacto en la fertilidad, la capacidad de retención de agua, la circulación de aire, el drenaje, el contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2016).

b) Porosidad del Suelo

La estructura del suelo se caracteriza por una distribución equitativa entre materiales sólidos y espacios vacíos, cada uno ocupando el 50 % del volumen total. La parte sólida está compuesta principalmente por minerales 45 % y una pequeña pero crucial fracción de materia orgánica 5 %. El espacio restante, denominado poroso, se subdivide en macroporos y microporos, cada uno con funciones específicas. Los macroporos, incapaces de retener agua contra la gravedad, facilitan el drenaje, la aireación y el crecimiento de raíces. En contraste, los microporos retienen agua, parte de la cual es accesible para las plantas. Esta

compleja red de poros permite la circulación y retención de agua, nutrientes, aire y gases, elementos esenciales para la vitalidad del suelo y el desarrollo de la vegetación (FAO, 2016).

c) Densidad del suelo

El cálculo de la densidad del suelo permite calcular su porosidad total, y se refiere al peso del suelo por unidad de volumen. Hay dos tipos de densidad: la real y la aparente. La densidad real se refiere a las partículas sólidas del suelo y varía según su composición, generalmente rondando 2,65. Cuando un suelo presenta una densidad aparente elevada, esto sugiere que sus partículas están muy juntas o comprimidas, o bien que contiene una gran cantidad de partículas grandes como las arenosas. Sin embargo, el hecho de que un suelo tenga una densidad aparente reducida no necesariamente implica que sea el ambiente más adecuado para el desarrollo y crecimiento de la vegetación (FAO, 2016).

2.1.3. Características químicas

a) El pH

El pH del suelo, que mide la concentración de iones de hidrógeno adsorbidos por las partículas edáficas, es un indicador crucial de la acidez o alcalinidad del terreno. Esta medida química, que varía desde niveles muy ácidos (3,5) hasta muy alcalinos (9,5), es un factor esencial que determina cómo las plantas pueden acceder a los nutrientes. Este indicador afecta directamente la manera en que los elementos y sustancias contaminantes inorgánicas presentes en el suelo se disuelven, se mueven y quedan disponibles para ser aprovechados por las plantas. Los extremos de esta escala pueden ser problemáticos: los suelos muy alcalinos (cerca de 8,5) tienden a dispersarse, mientras que, en condiciones muy ácidas, la actividad microbiana se ve severamente limitada. La FAO (2016) señala que, para la mayoría de los cultivos agrícolas, un pH de 6,5 representa el equilibrio óptimo para su desarrollo y productividad.

b) Materia orgánica

Para mantener un suelo saludable, es fundamental preservar todos sus componentes orgánicos, incluyendo tanto los elementos estables como los más fácilmente degradables. Esta combinación de materia orgánica es esencial para mantener el suelo como un sistema vivo y activo. En su rol como sustento de las plantas, el suelo suministra elementos nutritivos cruciales que se clasifican en dos grupos: los macronutrientes, que incluyen carbono,

hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio y azufre, así como los micronutrientes, conformados por zinc, boro, cobre, hierro, manganeso y molibdeno. Todos estos elementos son indispensables para el correcto funcionamiento de las enzimas en los organismos vivos (Venegas, 2008).

Nitrógeno como nutriente esencial para el desarrollo vegetal, el nitrógeno es un elemento que se encuentra abundantemente en el entorno natural. Las plantas solo pueden incorporarlo de dos formas específicas: como NH_4^+ (catión amonio) o como NO_3^- (Anión nitrato). A pesar de su abundancia en la naturaleza, este elemento se presenta principalmente en formas inorgánicas que las plantas no pueden utilizar directamente. El nitrógeno también existe en el aire del suelo en diferentes formas gaseosas, incluyendo el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoníaco (NH_3) y nitrógeno molecular (N_2), aunque estas cantidades son tan reducidas que su detección resulta compleja (FAO, 2016).

c) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La CIC representa un atributo esencial del suelo que mide la cantidad de cargas negativas localizadas en la superficie de sus elementos minerales y orgánicos, tales como las arcillas, la materia orgánica y los compuestos húmicos. Esta propiedad define la capacidad del suelo para conservar e intercambiar iones positivos fundamentales, entre ellos el calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio. Estos cationes mantienen una interacción constante tanto con el líquido presente en el suelo como con los sistemas radiculares de las plantas, lo que afecta de manera importante la capacidad nutritiva del suelo. La CIC no solo indica la capacidad de retención de nutrientes del suelo, sino que también afecta su disponibilidad para las plantas y puede modificar el pH edáfico. Suelos con baja CIC, típicamente arenosos o con escasa materia orgánica, muestran una capacidad limitada para retener nutrientes. Esta propiedad se expresa en unidades de centimoles de carga por kilogramo de suelo (cmolc/kg) o miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 g), según lo establecido por la (FAO, 2016).

d) Porcentaje de saturación de bases

En el suelo coexisten distintos tipos de iones positivos con características químicas diversas. Encontramos dos grupos principales: por una parte, los cationes ácidos, donde destacan el hidrógeno y el aluminio, y por otra, los cationes básicos, que

incluyen el calcio, magnesio, potasio y sodio. El porcentaje de saturación de bases es un indicador que mide la proporción entre estos cationes básicos y la capacidad total del suelo para intercambiar cationes. Este valor está directamente relacionado con la acidez del suelo: cuando el suelo alcanza un pH neutral de 7, la saturación de bases es completa (100 %), lo que significa que los coloides del suelo no contienen iones de hidrógeno. La importancia práctica de la saturación de bases radica en su utilidad para determinar la cantidad de cal necesaria en la neutralización de suelos ácidos, según lo indicado por la (FAO, 2016).

2.1.4. Características biológicas.

a) Macrofauna edáfica

La macrofauna incluye organismos que tienen un diámetro de 2 mm o más, lo que les permite ser visibles a simple vista, sin necesidad de lupas o microscopios. Este grupo abarca vertebrados como serpientes, lagartijas, conejos, topes, zorros y tejones. Entre los organismos que contribuyen de manera significativa a mejorar las propiedades físicas del suelo se encuentran las lombrices de tierra, las termitas y varias especies de hormigas, además de ciempiés, milpiés, larvas de otros artrópodos, escorpiones y caracoles. Aunque la macrofauna es más conocida y estudiada en comparación con la meso y microfauna, no necesariamente presenta una mayor diversidad en términos taxonómicos que estos otros grupos (Ibáñez, 2007).

b) Carbono en el suelo

El reciclaje y la reutilización del elemento más abundante en la Tierra son considerados procesos fundamentales para el planeta. La fauna y microorganismos que habitan en el suelo son fundamentales para el ciclo de nutrientes y del carbono en este ecosistema. La mayoría de los restos orgánicos que se producen cada año por la degradación de material vegetal se concentran en las capas superficiales del suelo o en el área radicular. Estos residuos son prácticamente en su totalidad aprovechados y procesados por los diversos organismos que habitan en el suelo. Esto da lugar a una reserva de carbono con una rápida tasa de renovación, que generalmente oscila entre 1 y 3 años. Los subproductos de esta actividad microbiana incluyen dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y diversos compuestos orgánicos, conocidos como humus (FAO, 2016).

2.1.5. Biodiversidad del suelo

Según Ibañez (2007), la diversidad biológica presente en el suelo comprende el conjunto de seres vivos que lo habitan, los cuales proporcionan servicios indispensables para mantener la viabilidad de los ecosistemas. Estos organismos juegan un papel vital en diversos procesos: facilitan la circulación de nutrientes, controlan los procesos de transformación de la materia orgánica, influyen en el almacenamiento de carbono y afectan la liberación de gases que contribuyen al efecto invernadero. También alteran la composición física del suelo y el movimiento del agua, lo que permite una absorción más eficiente de nutrientes por parte de las plantas y favorece su desarrollo. Todas estas funciones son fundamentales tanto para el equilibrio de los ecosistemas naturales como para el desarrollo de una agricultura sostenible.

2.1.6. Organismo del suelo como valor funcional de diversidad

La diversidad biológica se describe como la cantidad y la organización de la información biológica presente en los ecosistemas vivos, los cuales están estructurados de manera jerárquica (Blondel, 1995).

Los organismos detritívoros, que conforman un grupo funcional que se encuentra tanto en la capa de hojas muertas como en las capas superficiales y profundas del suelo, son esenciales en los procesos de degradación del material orgánico. Los invertebrados superficiales tienen como función principal fragmentar los residuos de plantas y animales que forman la capa de hojarasca. Al reducir mecánicamente estos materiales, facilitan el acceso al alimento para organismos de menor tamaño y microorganismos (incluyendo hongos y bacterias), lo que resulta esencial para el proceso de circulación de nutrientes. Además, se ha sugerido en la literatura especializada que algunos detritívoros pueden actuar como omnívoros no selectivos, consumiendo diversos tipos de material vegetal y animal. La macrofauna del suelo, que incluye herbívoros y depredadores. La actividad biológica ocurre tanto en las capas superficiales como en los estratos más profundos del suelo. Los organismos herbívoros se nutren de tejidos vegetales vivos, controlando así el volumen de biomasa vegetal que se incorpora al suelo. Por su parte, los depredadores, al alimentarse de diversos invertebrados, influyen en el tamaño de sus poblaciones y modifican la forma en que estos organismos interactúan con los recursos disponibles en el ecosistema (Cabrera, 2012).

2.1.7. Macrofauna edáfica

Según Lavallo et al. (1994), la macrofauna del suelo está compuesta por organismos que viven total o parcialmente en la superficie del suelo, en troncos en descomposición, hojarasca superficial o bajo la tierra. Este grupo abarca desde pequeños invertebrados hasta vertebrados de tamaño intermedio. Para sobrevivir en este ambiente, estos organismos han necesitado adaptarse a un medio denso, con escasa concentración de oxígeno y luz, pocos espacios libres, así como una disponibilidad y calidad de alimentos restringidas, además de experimentar fluctuaciones microclimáticas que pueden ser bastante severas.

Según Brown (2000), la macrofauna del suelo incluye a los invertebrados que pueden observar sin la necesidad de un microscopio y que residen total o parcialmente en el suelo o en su capa superior. Este grupo abarca una gran diversidad de organismos, como lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, gallinas ciegas, grillos, chicharras, caracoles, escorpiones, chinches y larvas de moscas y mariposas. En un solo ecosistema, se pueden encontrar más de mil especies de estos invertebrados, con densidades y biomasa que pueden superar el millón de individuos y una tonelada por hectárea, respectivamente. Estos organismos desempeñan diversas funciones en el ecosistema y pueden ser clasificados en diferentes grupos según su función.

2.1.8. Funciones y componentes de la macrofauna edáfica

Según Zeberino et al. (2008), la macrofauna edáfica está compuesta por invertebrados que pasan toda o parte de su vida en el suelo, en su superficie inmediata, en la hojarasca superficial o en troncos en descomposición. Estos organismos tienen un diámetro superior a 2 mm y una longitud de al menos 10 mm, lo que permite su identificación a simple vista. Además, según su función e impacto en el suelo, así como su modo de vida y tipo de alimentación, la macrofauna se puede clasificar en diferentes grupos funcionales, como detritívoros, herbívoros y depredadores. Estos grupos desempeñan un papel fundamental en la evolución y productividad del suelo, siendo comúnmente referidos como ingenieros del ecosistema.

2.1.8.1. Grupos funcionales

a. Detritívoros

Según Cabrera (2014), estos organismos habitan en la hojarasca, así como en la superficie y el interior del suelo. Participan en la descomposición de

la materia orgánica, siendo los invertebrados que viven en la superficie los responsables de triturar principalmente los restos vegetales y animales presentes en la hojarasca. Este proceso de fragmentación mecánica aumenta la disponibilidad de alimento para invertebrados más pequeños y microorganismos, como hongos y bacterias, lo que hace que los detritívoros sean esenciales para el reciclaje de nutrientes. Además, la literatura especializada señala que algunos detritívoros pueden actuar como omnívoros no selectivos, consumiendo una variedad de materiales de origen vegetal y animal.

b. Herbívoros o depredadores

Según Biosil (2015), estos organismos habitan tanto en el interior como en la superficie del suelo. Los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas, lo que les permite regular la cantidad de material vegetal que entra en el suelo. Además, los depredadores consumen una variedad de invertebrados, lo que provoca un cambio en el equilibrio de sus poblaciones y tiene un impacto en la interacción entre estos invertebrados y los recursos que hay en el ecosistema.

c. Ingenieros del suelo o del ecosistema.

Según Jones (1994), la clasificación está especialmente relacionada con los cambios físicos que estos organismos provocan en el entorno del suelo. Los ingenieros del suelo, que se encuentran principalmente en su interior, son responsables de crear poros, mejorar la oxigenación y facilitar la infiltración de agua a través de las redes de galerías que construyen. Además, contribuyen a la transformación de la materia orgánica mediante su interacción con ciertos microorganismos. También desempeñan un papel en el proceso de agregación y formación de la estructura del suelo, al aportar sus excrementos, que resultan de la mezcla de material mineral (como arena y arcilla) y materia orgánica en sus intestinos, creando así reservorios de nutrientes (Biosil, 2015).

d. Macroinvertebrados como indicadores biológicos

Según García y Hernández (2003), Para evaluar la calidad del suelo, es fundamental emplear tres tipos de indicadores: físicos, químicos y biológicos. Estos indicadores son vitales para un análisis completo de las características y funciones del suelo. Se considera que los indicadores físicos y químicos son relativamente estables, ya que las variaciones en estos aspectos se producen de manera lenta y no requieren mediciones

frecuentes. En contraste, los indicadores biológicos son más sensibles e integradores, lo que los hace especialmente útiles para detectar cambios drásticos en el suelo.

Según Alkorta et al. (2003), Gracias a su rápida capacidad de respuesta ante perturbaciones en el ecosistema del suelo y su carácter integrador, estos indicadores muestran cambios simultáneos en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Por ello, tienen un gran potencial para diagnosticar los procesos de degradación que impactan al suelo.

Según Francaviglia (2008), aunque determinar los indicadores biológicos de la calidad del suelo puede ser complicado, es esencial incluirlos en cualquier evaluación debido a su capacidad para proporcionar una visión integral.

Velásquez et al. (2009), sostienen que, los grandes organismos que habitan el suelo (macrofauna edáfica) son vitales para diversos procesos ecosistémicos: controlan el flujo y retención del agua, facilitan el intercambio gaseoso, modifican las características químicas y nutricionales del suelo, administran los recursos disponibles para otros organismos y estimulan la actividad de los microorganismos del suelo mediante relaciones de beneficio mutuo. Las actividades de estos organismos son determinantes para mantener las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que impacta en todos los procesos que allí ocurren y, consecuentemente, en la capacidad productiva del ecosistema. Por esta razón, analizar qué especies conforman la comunidad de macrofauna resulta fundamental para comprender en profundidad la naturaleza y el funcionamiento del suelo.

Velásquez et al. (2009), sugieren que, para evaluar la calidad del suelo de manera integral, es necesario examinar las comunidades de organismos que participan directamente en los procesos que determinan la capacidad del suelo para proporcionar los servicios del ecosistema.

e. Índices de biodiversidad

Según Mostacedo (2000), la riqueza se refiere a la cantidad de especies dentro de un grupo particular (como plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, etc.) en una zona específica. En cambio, la diversidad de especies incluye no solo el número de especies presentes, sino también la cantidad de individuos de cada una en ese entorno. Los índices de diversidad miden cuán variado es un lugar, teniendo en cuenta tanto

la riqueza de especies como la cantidad de individuos de cada una. Existen más de 20 índices de diversidad, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones.

2.1.8.2. Índice de biodiversidad alfa

a) Índice de Shannon-Weaver

El índice de Shannon fundamenta su cálculo en los principios de la teoría informática, evaluando las posibilidades estadísticas de localizar un espécimen específico dentro de una comunidad ecológica.

Se calcula de la siguiente forma:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(p_i)$$

Dónde:

p_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada

N = número total de individuos

S = número total de especies

Pla (2006), el valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. Un valor más alto del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Por lo general, este índice varía entre 1 y 4.5, y los valores superiores a 3 suelen considerarse como “diversos”.

Según Ramírez (1999), el uso de logaritmos en su fórmula disminuye la influencia de las especies más abundantes, lo que lo convierte en un índice efectivo de diversidad en situaciones donde hay especies altamente dominantes.

b) Índice de Margalef

Como explica Pla (2006), este índice permite medir la diversidad biológica de una comunidad, considerando cómo se distribuyen numéricamente los organismos de cada especie en comparación con el número total de individuos encontrados en la muestra estudiada. El índice, desarrollado por el destacado biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef, tiene la siguiente formulación matemática:

Dónde:

I = biodiversidad

s = el número de especies presentes

N= es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies).

La notación Ln denota el logaritmo neperiano de un número.

El valor mínimo que puede alcanzar es cero, lo cual sucede cuando solo hay una especie en la muestra ($s=1$, por lo que $s-1=0$). Los valores por debajo de dos se consideran como indicativos de baja biodiversidad, mientras que los valores superiores a cinco sugieren una alta biodiversidad.

c) Índice de dominancia de Simpson (D)

El índice de Simpson ($\lambda = \sum p_i^2$) evalúa la probabilidad de que dos individuos, seleccionados de manera independiente y al azar de una comunidad, pertenezcan a la misma especie. Evidentemente, si una comunidad está dominada por unas pocas especies, esa probabilidad será mayor que en comunidades donde existe una distribución más equitativa de los individuos entre las especies. Dado que el valor del índice de Simpson oscila entre 0 y 1 (siendo una probabilidad), podemos definir una medida de diversidad como $D = 1 - \sum p_i^2$, ya que D aumenta cuando λ disminuye y viceversa (Rodríguez, 2004).

2.1.8.3. Diversidad beta

- Índice de distancia de Bray-Curtis

La diversidad beta es un indicador que evalúa las diferencias ecológicas existentes entre dos comunidades o entre distintas secciones de una misma comunidad. Esta medición se realiza analizando y comparando la cantidad de individuos de cada grupo taxonómico que se encuentra en las comunidades estudiadas. Este índice se expresa en una escala de 0 a 1, donde los valores próximos a 0 revelan que los sistemas o agroecosistemas comparados tienen una composición taxonómica muy distinta entre sí, mientras que las cifras cercanas a 1 indican una mayor semejanza en su composición (Rodríguez, 2004).

2.1.9. Descripción taxonómica de *Dendrocalamus asper* (Schult) Backer.

Según Cronquist (1981) tiene la siguiente clasificación:

Reyno	: PLANTAE
División	: MAGNOLIOPHYTA
Clase	: ULIOPSIDA
Sub-Clase	: COMMELINIDAES
Orden	: POALES
Familia	: POACEAE (GRAMINEA)
Género	: <i>Dendrocalamus</i>
Especie	: <i>Asper</i> N.
Común	: Bambú

2.1.10. Descripción botánica *D. asper* (Schult) Backer.

En esta especie, los tallos alcanzan de 20 a 39 metros de altura y un diámetro de 20 a 30 centímetros. Las paredes del tallo tipo tubular tienen un grosor de medio a dos centímetros. Los entrenudos distan de 30 a 45 centímetros, su rizoma es de tipo paquimorfo” (Londoño, 1990). Asimismo, tiene paredes relativamente gruesas (11 - 20 mm) que se convierten en más delgada hacia la parte superior del tallo. Los tallos inferiores muestran las raíces aéreas (raicillas) de los nodos. Entrenudos escombreras son de 20-45 cm de largo, de color verde pálido y cubierto de pelos cortos de color marrón (Schröder, 2010).

Posee muchas ramas agrupadas con 1 rama dominante grande central; sus hojas son láminas foliares, son lanceoladas y entre 15 - 30 cm de largo y 10 - 25 mm de ancho; su ciclo de floración y semillas de fijación se reporta como aproximadamente cada 60-100 años, y sus flores son de característica gregaria, aunque se ha informado también floración esporádica (Schröder, 2010).

2.1.11. Distribución geográfica

Takahashi (2006), describe que esta especie, originaria de India, Birmania y Tailandia, ha sido introducida y cultivada en diversas áreas del sureste asiático, así como en climas templados de China y el este de Asia. Prefiere las regiones tropicales, donde se encuentran grandes extensiones de cultivo de este bambú gigante.

2.1.12. Características ecológicas

Castaño (1983), indica que esta especie crece en altitudes elevadas y puede tolerar temperaturas bajo cero. Se encuentra desde el nivel del mar hasta alturas de 1,500 metros, pero se desarrolla de manera óptima entre 400 y 500 metros sobre el nivel del mar, especialmente en áreas con alta pluviosidad. Se adapta tanto a suelos secos como húmedos, aunque prospera mejor en suelos fértiles, y puede soportar temperaturas tan bajas como -3 °C.

2.1.13. Usos generales

Ecobambú (2006), señala que este bambú es altamente valorado económicamente debido a la resistencia y durabilidad de las paredes de sus culmos. Es un material excelente para diversas aplicaciones, como la construcción de viviendas, puentes, fabricación de muebles, artesanías, postes, parquet, y en la industria farmacéutica y de pulpa para papel, entre otros usos. También se utiliza en algunos casos para transportar agua por gravedad y sus secciones se emplean como recipientes para recoger agua. En Tailandia, los brotes de *D. asper* se exportan por su valor comestible.

2.2. Estado del arte

En su investigación, Pierola (2023), analizó cómo diferentes tipos de cobertura vegetal (seis especies) afectaban tanto a los organismos del suelo (macrofauna) como a las características fisicoquímicas en terrenos deteriorados por la extracción aurífera en Tambopata, Madre de Dios. El experimento se diseñó con ocho tratamientos diferentes (seis utilizando leguminosas y dos grupos de control), cada uno repetido seis veces. Para obtener las muestras de macrofauna, se implementó la metodología establecida por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), y se registraron datos sobre abundancia, biomasa, riqueza y diversidad. En el periodo seco, se identificaron 17 órdenes con una abundancia de 94 ind/m², siendo Hymenóptera el más común con 112 ind/m². Durante el periodo lluvioso, se registraron 14 órdenes con 35 ind/m², destacando nuevamente Hymenóptera con 53 ind/m². En cuanto a biomasa, el orden Spirobólida fue el más destacado en el periodo seco con 0,51 g/m², mientras

que, en el periodo lluvioso, el orden Haplotáxida presentó la mayor biomasa con 0,67 g/m², ambos en el bosque de referencia. El índice de dominancia fue mayor durante el periodo lluvioso (0,94) en comparación con el periodo seco (0,79). La diversidad fue mayor en el bosque de referencia que en el área intervenida; sin embargo, el tratamiento con *Stylosanthes guianensis* durante el periodo lluvioso mostró valores de diversidad cercanos a los del bosque, con un índice de 1,7.

La investigación de Saldaña (2024), analizó la cantidad de organismos de macrofauna presentes en el suelo de tres ecosistemas distintos: dos sistemas agroforestales (uno con plátano y otro con cacao) y un área de bosque en regeneración (bosque secundario), ubicados en el fundo Fortaleza del distrito José Crespo y Castillo, en Leoncio Prado. Los sistemas agroforestales estudiados incluían además diversas especies de árboles frutales como anona, aguaje, coco, zapote, así como cultivos de maíz. El fundo Fortaleza, que también incluye la producción de arroz, abarca aproximadamente 60 hectáreas. Los resultados del estudio indicaron que el sistema de cultivo de cacao mostró una mayor riqueza específica (5,12) y una mayor diversidad de especies, con un índice de Simpson de 0,56 y un índice de Shannon-Wiener de 1,10. Asimismo, el sistema de cacao presentó el mayor número de familias y de individuos, con un total de 801 individuos y 5,12 familias. A continuación, se ubicó el bosque secundario con 563 individuos y 5,1 familias, y finalmente el sistema de platanal con 331 individuos y 4 familias. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula, concluyendo que el sistema de manejo de cacao exhibió la mayor diversidad de macrofauna.

Pashanasi (2001), estudió la macrofauna del suelo en diversos sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana, evaluando 22 sistemas en Yurimaguas y Pucallpa. Se tomaron manualmente 10 muestras de 25 cm x 25 cm x 30 cm en la estación lluviosa. El bosque primario, tanto intervenido como no intervenido, mostró alta diversidad, densidad (382 a 853 ind/m²) y biomasa (57,8 a 91,1 g/m²), con predominancia de oligochaetas, isópteros y miriápodos. Los cultivos en esta región tenían una menor densidad (362 a 574 ind/m²) y biomasa (5,1 a 32,4 g/m²), indicando agotamiento. Las pasturas, con densidad de 654 a 1,034 ind/m² y biomasa de 38,4 a 165,9 g/m², presentaron alta biomasa debido a la lombriz *Pontoscolex corethrurus*. En las purmas, la densidad varió de 334 a 838 ind/m² y la biomasa de 4,2 a 102 g/m², mostrando a veces mayor riqueza taxonómica que el bosque primario. Los sistemas agroforestales con leguminosas tuvieron la mayor diversidad, mientras que los sistemas con malezas tuvieron menor diversidad que el bosque secundario. La densidad en estos sistemas varió de 557 a 2,896

ind/m² y la biomasa de 18,5 a 170,5 g/m², reflejando una conservación de fauna del bosque primario y la colonización por especies oportunistas.

En su investigación, Herrera (2023) evaluó cómo la macrofauna del suelo puede servir como indicador biológico para medir la recuperación de terrenos degradados por minería a lo largo del tiempo. La investigación empleó el método de extracción manual siguiendo los protocolos del programa de biología y fertilidad del suelo. Se obtuvieron cuatro muestras de suelo mediante monolitos en diferentes áreas: algunas abandonadas por distintos períodos y un bosque que servía como referencia. Los hallazgos mostraron que tanto la cantidad como la masa biológica de la macrofauna aumentaban progresivamente conforme se incrementaba el tiempo de abandono. Entre los grupos funcionales, predominaron los denominados ingenieros del suelo, especialmente los órdenes Hymenoptera (Hormigas) y oligoquetos (Lombrices). Aunque se observó que la diversidad de plantas influía positivamente en la cantidad, variedad y biomasa de la macrofauna, esta relación no alcanzó significancia estadística ($p > 0,05$). No obstante, se encontró que la capacidad de intercambio catiónico sí afectaba significativamente la biomasa de estos organismos ($r = 0,97$; $p < 0,05$). Si bien no se detectaron diferencias significativas en la composición de la macrofauna entre los distintos tiempos de abandono, sí se encontraron variaciones importantes entre las profundidades de 10 y 20 cm comparadas con la capa de hojarasca (Permanova $< 0,05$). Los himenópteros y oligoquetos fueron los grupos que más contribuyeron a estas diferencias, mientras que los isópteros (termitas) se identificaron como potenciales indicadores del bosque de referencia (IndVal- $p < 0,05$)

Ruiz (2023), la biomasa, densidad y diversidad de macrofauna edáfica en cuatro sistemas de producción en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco: plantación mixta, bambú, pastizal y aguaje. En cada uno de estos sistemas, se colocaron cinco monolitos de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad. Los resultados mostraron que la biomasa en el sistema de aguaje fue de 29,07 g/m², en bambú 16,16 g/m², en la plantación mixta 30,80 g/m² y en pastizal 38,92 g/m². La biomasa variaba por profundidad: 48,50 g/m² en 0 - 10 cm, 26,50 g/m² en 10 - 20 cm y 16,50 g/m² en 20 - 30 cm. En términos de densidad, el pastizal tuvo 201,60 ind/m², la plantación mixta 137,60 ind/m², el bambú 80,00 ind/m² y el aguaje 76,80 ind/m². El pastizal también presentó la mayor abundancia con 63 individuos en siete familias. La diversidad alfa, medida con el índice de Simpson, fue de 0,156 para aguaje, 0,332 para bambú, 0,209 para plantación mixta y 0,179 para pastizal. El índice de Jaccard mostró que las mayores similitudes en diversidad se encontraron entre bambú-aguaje y plantación mixta-bambú, ambos con un valor de 0,5.

Panduro (2013), realizó un estudio sobre macrofauna en diferentes sistemas de suelo en el BRUNAS, evaluando Pastizal, Bosque Secundario, Bambú, Tornillo y Cacao. Los resultados mostraron la densidad de macrofauna en 1152 ind/m² para el sistema de tornillo, 2704 ind/m² para el pastizal, 704 ind/m² para el bosque, 496 ind/m² para el bambú y 1200 ind/m² para el cacao. En cuanto a la biomasa, se registraron 27,36 g/m² en el sistema de tornillo, 14,69 g/m² en el bambú, 332,13 g/m² en el pastizal, 50,29 g/m² en el bosque y 156,26 g/m² en el cacao. El índice de diversidad Shannon-Wiener (H') fue de 1,47 en el sistema de tornillo, 1,50 en el bambú, 0,48 en el pastizal y 1,76 en el cacao. Respecto al índice de equidad (E), los valores fueron 0,64 para tornillo, 0,72 para bambú, 0,30 para pastizal, 0,67 para bosque y 0,77 para cacao.

Hernández (2018), en su trabajo de investigación sobre la existencia de macrofauna en el suelo en los sistemas de bosque de pino, dentro de la metodología se buscó la determinación del índice de diversidad alfa y beta, además se tomaron como áreas de evaluación: Bosque maduro, Área de conservación, Bosque intermedio, Zona de aprovechamiento. Para los resultados se presentó en cuanto al índice de Jaccard en el área de zona de aprovechamiento y bosque maduro un 0,41, por otro lado, para el bosque intermedio y la zona de aprovechamiento fue de 0,6.

Lema (2016), en su investigación sobre la existencia de macrofauna edáfica en diversos sistemas de suelo, para la metodología se determinó el área de estudio (Bosque) donde se realizaron calicatas de 20 cm de profundidad, donde se colectó la muestra de estudio y posteriormente se realizó la identificación de la macrofauna. Para los resultados en cantidad de individuos se presentó 23 órdenes y 42 familias en un total de 6665 individuos. Para los órdenes encontrados se obtuvo a Coleóptera (Escarabajos) con 63,70 %, para el orden Haplotáxida (lombrices) con 17,89 %, para las familias encontradas se presentan Tebrionidae con 53,16 %, Curculionidae 21,2 %, Carabidae y Scarabaeidae 7,59 %, Elateridae 5 %, Coccinellidae 1,27 %, Ninfas N.I. 1,27 %, Pupas N.I. 2,53 %, Staphylinidae 1,75 %, para el índice de diversidad de Shannon fue de 1,09.

Chumbe (2018), en su investigación sobre la macrofauna edáfica en el bosque Vásquez Pampa, Luya - Amazonas, en la metodología se determinaron 3 zonas de estudios: Bosque 18 años, Bosque 8 años y Bosque 5 años, donde se delimitó la zona de estudio, posteriormente se colectó las muestras para su estudio. Para los resultados en la riqueza total de familias se obtuvo 190 individuos que corresponden a 2 clases, 8 órdenes y 14 familias, en los órdenes más abundantes se encontró Coleóptera con 4 familias y Araneae con 3 familias, para

la abundancia se encontró al orden Collembola con 78 % y Coleóptera con 7 %, para el índice de Shannon-Weaver presento 1.04.

Ccoycca (2018), mediante su trabajo de investigación sobre la macrofauna edáfica que se encuentra en el suelo de sistemas agrícolas y forestales en la ciudad de Madre de Dios, en la metodología se buscó determinar la densidad y biomasa de los sistemas, mediante la evaluación de parámetro establecidos en dicho trabajo. Para los resultados se presentó al sistema agroforestal con una biomasa de 17,09 g/m², en cuanto a la densidad se presentó 163,09 ind/m²; para el índice de diversidad de Shannon se presentó 2,60, de la misma forma, en la dominancia de Simpson se presentó 0,09. Por otro lado, en el índice Evenness se presentó 0,68.

Vilca (2018), en su trabajo sobre la macrofauna edáfica que se encuentra en los ecosistemas en la ciudad de Chachapoyas, en la metodología se determinó la diversidad de la macrofauna, se establecieron las siguientes zonas: sistema de bosque primario, sistema de eucalipto, sistema de campo abierto, sistema de pino. Para los resultados se presentó en el índice de diversidad Jaccard para el sistema de bosque primario y sistema campo abierto con 0,06, de la misma forma, para el sistema de eucalipto y sistema de pino con un valor de 0,12.

Escobar (2017), en su investigación sobre la macrofauna existente del suelo en diversos sistemas en Nicaragua, en la metodología se delimitó el área a estudiar, las áreas de estudios fueron: sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado; posteriormente se realizaron las muestras de suelo. Para los resultados en la abundancia y diversidad se obtuvo para el sistema agroforestal 4231 individuos con 5 clases y 24 órdenes (Himenóptera, Isóptera, Colémbolos, Coleóptera, Ácaros, Homóptera), para el sistema Potrero tradicional presento 2985 individuos con 4 clases y 23 órdenes (Himenóptera, Ácaros, Coleóptera, Colémbolos, Isóptera), para el sistema bosque latifoliado presento 2664 individuos con 3 clases y 22 órdenes (Himenóptera, Ácaros, Isóptera, Colémbolos, Coleóptera, Homóptera); para el índice de diversidad Shannon para el sistema agroforestal presento 1.68, para el sistema potrero tradicional presento 1.69, para el sistema bosque latifoliado presento 1.693.

Sánchez (2018), en su estudio sobre la evaluación de distintos sistemas en la ciudad de Madre de Dios, evaluando la macrofauna edáfica, para la metodología se determinó la densidad, diversidad y la biomasa, se delimitaron las zonas de estudio a evaluar: sistema de monocultivo, sistema de bosque, sistema agroforestal, sistema de pastizal. Para los resultados se presentó en la densidad un total general de 1751 ind., con 16 órdenes presentes, donde el sistema de bosque presentó 163 ind., en el sistema de monocultivo presentó 263 ind., en el

sistema de pastizal presentó 289 ind., finalmente para el sistema agroforestal 1063 ind.; en la biomasa se presentó en el sistema pastizal 20,26 g/m², para el sistema agroforestal presentó 11,06 g/m², en el sistema a de monocultivo 7,99 g/m², en el sistema de bosque 5,68 g/m²; por último, para el índice de diversidad de Shannon se presentó en el sistema agroforestal 1,58, sistema de pastizal 1,62, sistema de monocultivo 1,51 y en el sistema de bosque 1,48.

Gálvez et al. (2016), en su investigación sobre la macrofauna edáfica en dos sistemas de suelo, las zonas de estudio fueron un terreno silvopastoril y un terreno de bosque seco, en la metodología se determinó el área de estudio donde se realizó el muestreo, recorriendo en zigzag para la macrofauna, posteriormente se evaluarán los parámetros establecidos en dicho estudio. Para los resultados en las propiedades químicas en el sistema silvopastoril se tiene un pH 6,6. M.O. 4,8 %, P 52,5 mg/kg, C 2,5 %, C.I.C. 16,7 cmol/kg, para el sistema de bosque seco se presentó pH 6,4, M.O. 4,4 %, P 11,2 mg/kg, C 2,3 %, C.I.C. 16,6 cmol/kg, de acuerdo a la abundancia en el sistema silvopastoril presento 4688 ipm², con 7 órdenes Coleóptera, Hemíptera, Hymenóptera, Lepidóptera, Orthoptera, Díptera, Blattodea) y 14 familias (Scarabaeidae, Coccinellidae, Chrysomelidae, Pentatomidae, Cydnidae, Formicidae, Geometridae, Acridoidea, Gryllidae, Calliphoridae, Blatidae, G. lombriz, G. arácnidos, G. miriápodos), para el sistema de bosque seco se presentó 1968 ipm², con 7 órdenes (Coleóptera, Hemíptera, Hymenóptera, Lepidóptera, Orthoptera, Díptera, Blattodea) y 13 familias (Scarabaeidae, Passalidae, Chrysomelidae, Pyrrhocoridae, Pentatomidae, Nabidae, Formicidae, Geometridae, Nymphalidae, Gryllidae, Calliphoridae, Blatidae, G. lombriz); para el índice de diversidad de Shannon en el sistema silvopastoril fue de 1,60 en el sistema de bosque seco presento 1,82, para el índice de diversidad de Simpson en el sistema silvopastoril 0,75, para el sistema de bosque seco presento 0,78.

Cabrera (2012), en trabajo de estudio en el tema de macrofauna edáfica en un sistema de conservación, en la metodología se determinaron las áreas de estudio: sistema de forraje, sistema de policultivo, sistema de pastizal, donde se aplicaron los parámetros establecidos de dicho estudio. Para los resultados en la biomasa se presentó en el sistema de forraje 57,50 g/m², sistema de policultivo 37,00 g/m², sistema de pastizal 32,00 g/m², para el caso de la densidad en el sistema de forraje 1225 ind/m², sistema de policultivo 860 ind/m², sistema de pastizal 450 ind/m².

Moran y Alfaro (2015), investigaron la diversidad de macrofauna en dos sistemas de recuperación con *Moringa oleífera* en la finca Santa Rosa. Encontraron que ambos sistemas presentaban una diversidad similar en las Clases, con 7 identificadas en el

agroecológico (Insecta, Oligochaeta, Gasterópoda, Diplopoda, Crustácea, Chilopoda, Aráchnida) y 5 en el convencional (Insecta, Oligochaeta, Gasterópoda, Crustácea, Aráchnida). En términos de órdenes, se identificaron 9 en el agroecológico frente a 2 en el convencional, y 6 individuos no fueron identificados en el sistema convencional. Además, se reportaron 8 Familias en el agroecológico y 4 en el convencional. El índice de Shannon-Wiener fue más alto en el sistema agroecológico, reflejando una mayor cobertura vegetal y diversidad debido a un manejo más sostenible del cultivo, mientras que la diversidad varió con la intensidad y frecuencia de perturbación del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación se realizó en un área degradada del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), que alberga una plantación de *Dendrocalamus asper*. Esta plantación se sitúa a 1.5 km de la ciudad de Tingo María, en el margen izquierdo de la carretera hacia la ciudad de Huánuco. Políticamente, el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva está ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, en la región de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

La coordenada UTM del área de investigación son: Zona: 18 L, Este: 391508 y Norte: 8971216.

3.1.3. Clima

Con respecto a las condiciones climáticas, la zona en estudio se le atribuye una zona tropical suave, donde los valores promedio de la precipitación es de 3 300 mm, considerando una temperatura promedio de 23 °C y una evapotranspiración de 1 132 mm.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales y herramientas de campo

- ✓ Se utilizaron: monolito de 25 x 25 cm de ancho, machete, wincha de 5 metros, cinta de 50 metros, pala cuadrada, bolsas de polietileno de color negro, frascos médicos de vidrio, cinta masking, herméticos de plástico, pinzas, plumón indeleble.

3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio

Los materiales y equipos fueron: pinzas, herméticos de plástico, frascos médicos de vidrio, cinta masking, balanza analítica, libreta de campo.

3.2.3. Insumos

Los insumos utilizados fueron alcohol al 80 %. El alcohol al 80 %, se utilizó como agente conservante y fijador para las muestras de macrofauna edáfica, garantizando su integridad y preservación durante el análisis y almacenamiento posterior.

3.3. Metodología

3.3.1. Composición y diversidad de macrofauna edáfica

Los organismos por coleccionar se encontraron cerca de la planta y entre plantas de *D. asper*, donde la recolección se realizó de forma sistemática. Posteriormente, se colocó un marco de 25 cm x 25 cm para delimitar la posición del monolito y se tomó un volumen de suelo, dividiendo el monolito en tres estratos: 0 - 10 cm, 10 - 20 cm y 20 - 30 cm (**Figura 1**). Una vez colocados los monolitos, se tomaron las muestras por separado y se colocaron en frascos médicos de vidrio codificados por profundidad por fila y monolito. Luego, estas muestras se llevaron al laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía para su identificación a nivel de familia.

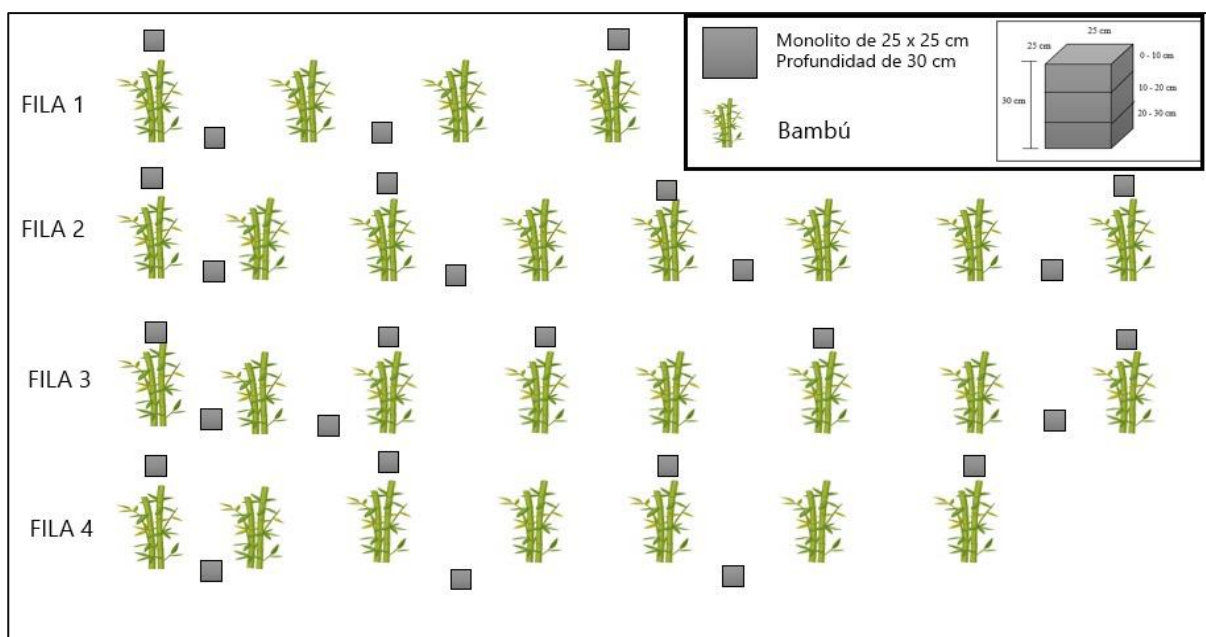


Figura 1. Diagrama de colecta y distribución de monolito.

Una vez identificadas, se describió la composición de los organismos de acuerdo con las familias y su abundancia cerca de la planta y entre plantas. Para este propósito, se emplearon los índices de diversidad de Shannon y Simpson.

- Índice de diversidad de Shannon – Wiener (H')

Para determinar este índice, se colectaron todas las especies al azar en cada transecto, dado que el índice considera tanto la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) como la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Para ello, se aplicó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

H' = Diversidad de especies

$\ln$ = logaritmo natural.

p_i = proporción de individuos encontrados en la especie i-enésima respecto al total de individuos (la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

Siendo:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde:

n_i : número de individuos de la familia i .

N : número total de individuos para todo el número total de familias en la comunidad.

- Índice de Simpson (D)

Este índice de dominancia de Simpson recibe su nombre porque indica la probabilidad de extraer individuos de una misma especie. Se determinó de la siguiente manera:

$$D = \frac{\sum (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

D = índice de dominancia.

n_i = número de individuos de la i -ésima especie.

N = número total de individuos.

3.3.2. Densidad (ind/m²) de macrofauna edáfica

La densidad de macrofauna se determinó a partir del número de individuos encontrados en cada monolito, considerando los organismos presentes en cada estrato de 10 cm, 20 cm y 30 cm. Para calcular la densidad por metro cuadrado, se multiplicó el número total de individuos en cada monolito por 16. Este método permitió estimar la cantidad de macrofauna en un área estándar, proporcionando una medida de la densidad de población en el suelo.

$$\text{Densidad macrofauna} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área de estudio (m}^2\text{)}}$$

3.3.3. Biomasa (g/m²) de macrofauna edáfica

Utilizando una balanza de precisión con una resolución de 0,001 g, se pesaron cuidadosamente los individuos por superficie, considerando los estratos de 10 cm, 20 cm y 30 cm. La masa total se expresó en g/m². Esta variable se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Peso de los organismos (g)}}{\text{Área de estudio (m}^2\text{)}}$$

3.4. Tipo, nivel y diseño de investigación

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que la información obtenida sobre biomasa, densidad y diversidad biológica edáfica sirvió para evaluar la calidad actual del suelo. Esta información permitió tomar decisiones informadas sobre la gestión y el manejo del suelo en el futuro. La investigación proporcionó datos prácticos y relevantes para mejorar la comprensión y las prácticas relacionadas con el suelo en el área estudiada.

3.4.2. Nivel de investigación

El nivel de estudio fue descriptivo, dado que se utilizaron medidas de resumen como valores promedios, mínimos y máximos para caracterizar los índices de diversidad de macrofauna edáfica en la plantación de *D. asper*. Esta aproximación permitió proporcionar una descripción detallada de la distribución y diversidad de la macrofauna en los

diferentes estratos del suelo, facilitando una comprensión más clara de las características y variaciones presentes en la plantación.

3.4.3. Diseño de investigación

El estudio fue no experimental, ya que no se manipularon variables durante el proceso. Se tomaron las muestras tal como estaban en la plantación de *D. asper*, sin intervenir en las condiciones naturales del entorno. Esta metodología permitió observar y registrar las características actuales de la plantación sin introducir cambios que pudieran influir en los resultados, proporcionando una evaluación más objetiva y fiel a las condiciones originales del área de estudio.

3.5. Variable dependiente e independiente

3.5.1. Variable dependiente

La plantación de *D. asper*

3.5.2. Variable independiente

Biomasa (g/m^2), densidad (ind/m^2) y diversidad de macrofauna

3.6. Técnicas estadísticas

Con el fin de comparar la biomasa y densidad de macrofauna, considerando los individuos cercanos a la planta y entre plantas, se realizó un análisis utilizando estadísticos descriptivos. Se calcularon la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación, así como los valores mínimo y máximo. Estos datos permitieron una evaluación detallada de las diferencias y variaciones en la biomasa y densidad de macrofauna en las distintas ubicaciones dentro de la plantación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición y diversidad de macrofauna

4.1.1. Abundancia de macrofauna edáfica

Tabla 1. Orden, familia y nombre común de macrofauna edáfica en la primera evaluación.

Orden	Familia	Nombre común	Abundancia
Araneae	Araneidae	araña	2
Araneae	Oxyopidae	araña lince	1
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de madera	6
Blattodea	Termitidae	termita	42
Chordeumatida	Chelodesmidea	milpiés	3
Coleóptera	Carabidae	carábido	1
Coleóptera	Elateridae	elátero	3
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	3
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	102
Hemíptera	Lygaeidae	chinche	1
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	19
Hymenóptera	Formicidae	isula	2
Scolopendromorpha	Cryptopidae	ciempiés	1
Scolopendromorpha	Scolopendridae	escolopendra	1

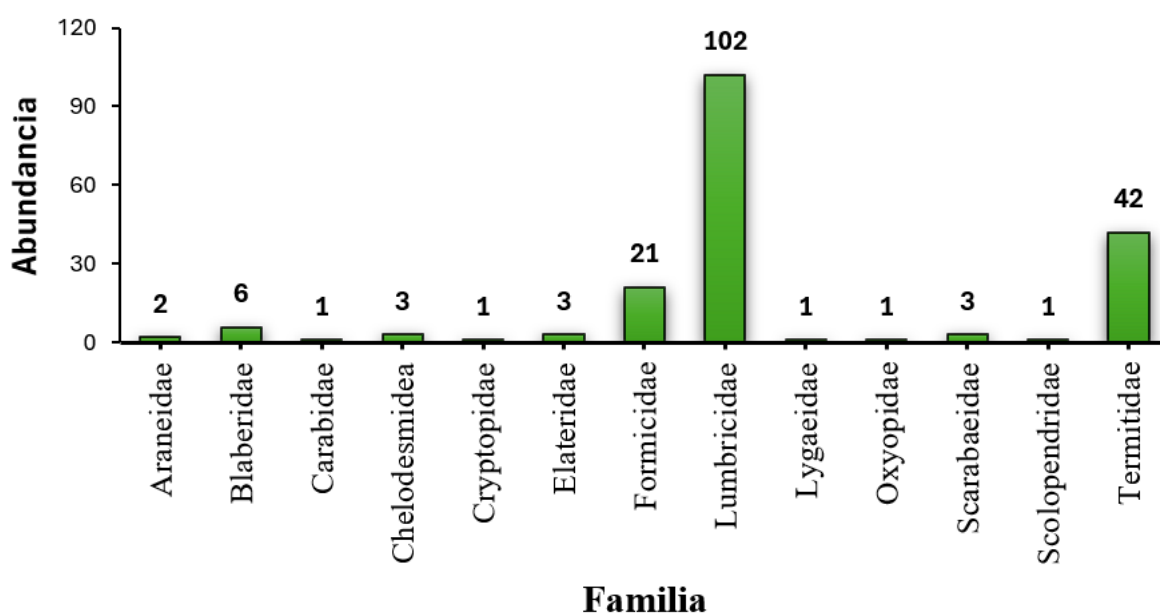


Figura 2. Abundancia de la macrofauna edáfica por familia en la primera evaluación.

En la primera evaluación de la macrofauna edáfica en el suelo degradado con plantación de *Dendrocalamus asper*, se registró un total de 187 individuos distribuidos en diversos órdenes y familias. Las lombrices (Lumbricidae) fueron el grupo dominante con 102 individuos, indicando una alta actividad biológica en el suelo, mientras que las termitas (Termitidae), con 42 individuos, resaltaron por su papel en la descomposición de materia orgánica. Otros grupos como las hormigas comunes (Formicidae, 19 individuos), cucarachas de madera (Blaberidae, 6 individuos), escarabajos (Scarabaeidae y Elateridae, 3 individuos cada uno) y milpiés (Chelodesmidea, 3 individuos) presentaron abundancias moderadas, mientras que los carábidos (Carabidae), chinches (Lygaeidae), arañas (Araneidae y Oxyopidae), ciempiés (Cryptopidae y Scolopendridae) y escolopendras se encontraron en números más bajos (entre 1 y 2 individuos). Estos resultados reflejan un ecosistema en recuperación, donde la abundancia de lombrices y termitas sugiere una mejora en la calidad del suelo bajo la influencia de la plantación de bambú (Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 2. Orden, familia y nombre común de macrofauna edáfica en la última evaluación.

Orden	Familia	Nombre común	Abundancia
Araneae	Oxyopidae	araña lince	1
Araneae	Pholcidae	araña patona	1
Araneae	Salticidae	araña saltarina	2
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de cueva	3
Blattodea	Blattellidae	cucaracha de la madera	1
Blattodea	Termitidae	termita	135
Coleóptera	Carabidae	carábido	1
Coleóptera	Elateridae	elátero	2
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	8
Coleóptera	Tenebrionidae	escarabajo oscuro	2
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	106
Hemíptera	Lygaeidae	chinche	1
Hymenóptera	Formicidae	hormiga arriera	6
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	61
Hymenóptera	Formicidae	isula	2
Lepidóptera	Noctuidae	polilla	1

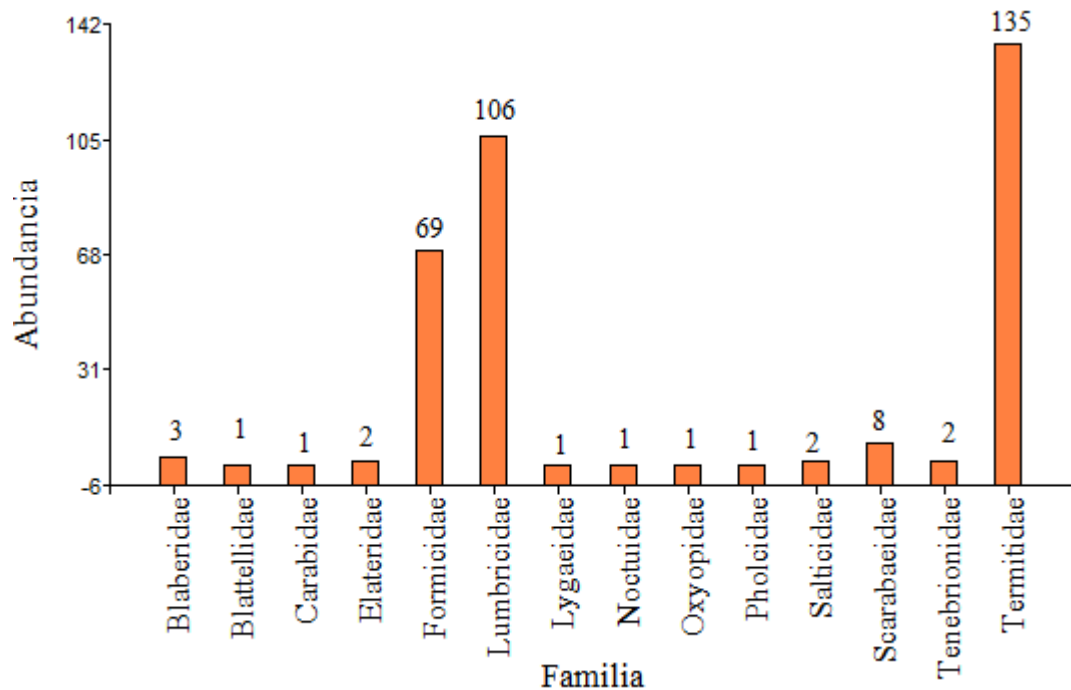


Figura 3. Abundancia de la macrofauna edáfica por familia en la última evaluación.

En la última evaluación que se realizó, los resultados de la evaluación de macrofauna edáfica muestran cambios significativos en comparación con la evaluación inicial. La población de termitas (Termitidae) ha aumentado considerablemente a 135 individuos, lo que sugiere un incremento en la actividad de descomposición del suelo, facilitada por la materia orgánica proporcionada por el bambú.

Por otro lado, la población de lombrices (Lumbricidae) también mostró un ligero aumento, pasando de 102 a 106 individuos, lo que indica condiciones favorables para su desarrollo. La presencia de hormigas comunes (Formicidae) ha aumentado notablemente a 61 individuos, lo que podría reflejar una mejora en las condiciones del hábitat para estas especies; además, la diversidad de arañas ha incrementado con la aparición de nuevas especies como la araña saltarina (Salticidae), mientras que los escarabajos también muestran una presencia más variada. La aparición de nuevas especies como las polillas (Noctuidae) indica una diversificación en la comunidad edáfica (Tabla 2 y Figura 3).

En resumen, el aumento en la población de termitas y hormigas comunes, junto con la mayor diversidad de especies, indica que la plantación de bambú está favoreciendo la recuperación y la salud del suelo. Estos resultados destacan una mejora en la dinámica del ecosistema del suelo, aunque la reducción en la población de lombrices sugiere que podría haber factores adicionales influyendo en su número. Al comparar con otros estudios coinciden en que

los sistemas forestales tienden a presentar una mayor diversidad y biomasa de macrofauna en comparación con los sistemas agroforestales y agrícolas. Piérola (2023) y Ruiz (2023) destacan que los bosques, ya sean primarios o secundarios, tienen una mayor diversidad y biomasa en comparación con los sistemas de cultivo, como los agroforestales y las plantaciones. Esto se alinea con los hallazgos de Pashanasi (2001) y Hernández (2018), quienes también reportan una mayor riqueza y abundancia en bosques y pastizales frente a sistemas intervenidos. Sin embargo, Saldaña (2024) y Panduro (2013) muestran que algunos sistemas agroforestales, como los de cacao, pueden superar en diversidad a otros sistemas agrícolas, indicando que la composición específica de los cultivos y el manejo puede influir en la biodiversidad de la macrofauna.

Por otro lado, existen discrepancias en los efectos específicos de las intervenciones y la recuperación del suelo. Herrera (2023) y Ccoycca (2018) informan que la biomasa y la abundancia de macrofauna aumentan progresivamente con el tiempo de abandono tras la minería, sugiriendo una recuperación parcial de la biodiversidad. No obstante, estudios como el de Escobar (2017) y Sánchez (2018) señalan que algunos sistemas, como el de monocultivo, presentan menor biodiversidad comparada con sistemas más variados como los agroforestales. Además, mientras Gálvez et al. (2016) encuentran diferencias significativas en la diversidad entre sistemas silvopastoriles y bosques secos, otros estudios como el de Chumbe (2018) y Cabrera (2012) reportan menor variabilidad en los índices de diversidad entre sistemas con manejo variado. Por lo que se plantea que la estructura del hábitat y el tipo de intervención influyen en la biodiversidad de manera compleja y a menudo impredecible.

La comparación de las órdenes y familias de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo revela tanto similitudes como diferencias relevantes. En el estudio de Pierola (2023), Hymenóptera y Spirobólida dominan en términos de abundancia y biomasa, lo cual también se observa en otros estudios como el de Pashanasi (2001), donde Hymenóptera y oligoquetas son predominantes. Esto sugiere que estas órdenes son generalmente adaptativas a una variedad de condiciones del suelo, lo que coincide con el aumento en la población de termitas (Termitidae) en tu estudio tras la plantación de bambú, indicando un posible rol de las termitas en la descomposición y mejora del suelo. Sin embargo, Saldaña (2024) reporta una mayor riqueza en el sistema de cacao con una diversidad alta de familias, lo que contrasta con el menor número de familias encontradas en tu investigación en el sistema de bambú y el estudio de Ruiz (2023), que también muestra una reducción en la biomasa y diversidad en comparación con otros sistemas. Esto puede reflejar la influencia específica de las especies vegetales en la estructura de la comunidad de macrofauna.

En cuanto a la presencia de familias específicas, el estudio de Lema (2016) destaca a los coleópteros como la familia más abundante, con una alta proporción de escarabajos en comparación con otros órdenes. Esto se alinea parcialmente con los hallazgos de tu estudio, donde también se observa un incremento en la diversidad de arañas y escarabajos. Sin embargo, Panduro (2013) y Gálvez et al. (2016) observan una dominancia diferente en los sistemas de bambú y otros ecosistemas, como en el caso del sistema silvopastoril con una mayor diversidad de familias comparado con el sistema de bosque seco. Estas variaciones pueden deberse a diferencias en las condiciones ambientales y en la gestión del suelo, así como a la capacidad de las diferentes familias para adaptarse a cambios en el hábitat. Por último, el estudio de Escobar (2017) revela una mayor diversidad de órdenes en sistemas agroforestales en comparación con los sistemas de monocultivo, lo cual resalta la importancia de la estructura de vegetación en la promoción de una comunidad de macrofauna más diversa y rica. Estas diferencias reflejan cómo las características del suelo y la vegetación pueden modular la composición y riqueza de la macrofauna, y por qué tu investigación, con un incremento en la diversidad de arañas y escarabajos, pero una reducción en lombrices puede diferir de los patrones observados en otros estudios.

4.1.2. Diversidad de macrofauna edáfica

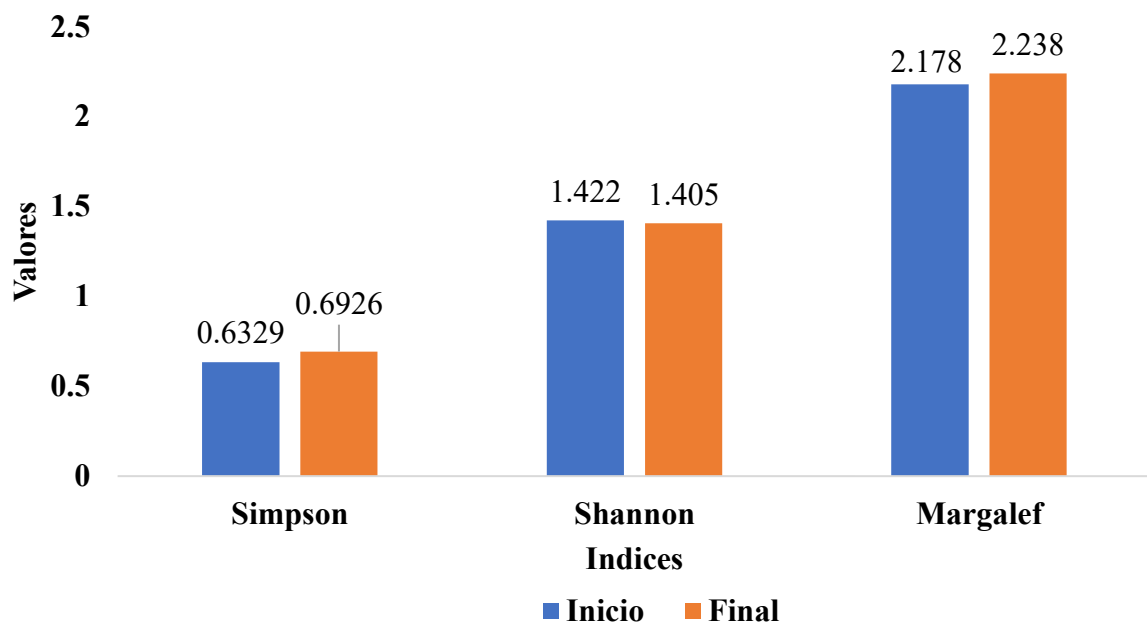


Figura 4. Índices de diversidad alfa al inicio y final de la evaluación.

En la última evaluación se observa los índices de biodiversidad muestran que, aunque la riqueza de especies ha aumentado (índice de Margalef de 2,178 a 2,238), con una mayor presencia de nuevas especies, la equidad en la distribución de individuos ha disminuido ligeramente (Índice de Shannon de 1,422 a 1,405). El índice de Simpson ha aumentado de 0,6329 a 0,6926 indicando que la dominancia de algunas especies ha aumentado, lo que sugiere una menor equidad en la comunidad. En resumen, la plantación de bambú ha favorecido la llegada de nuevas especies y la riqueza de la comunidad edáfica, pero también ha llevado a una mayor dominancia de ciertas especies, afectando la equidad en la distribución de la macrofauna. Lo que es consistente con los hallazgos de Ruiz (2023) y Panduro (2013). Ruiz reporta un índice de Simpson de 0,332 para bambú, significativamente menor que el valor encontrado en tu estudio, lo que indica que la dominancia en el sistema de bambú en tu caso es más alta. Panduro también observa un índice de Simpson de 1,50 para el bambú, en contraste con los resultados de tu estudio, indicando que en tu caso hay una tendencia hacia una mayor concentración en menos especies. Esto puede estar relacionado con las condiciones específicas del suelo o la estructura del ecosistema en tu área de estudio, que podrían favorecer a ciertas especies sobre otras.

Asimismo, el índice de Shannon, que ha disminuido ligeramente de 1,422 a 1,405 esto sugiere una ligera disminución en la equidad de la distribución de individuos. En comparación, Escobar (2017) muestra un índice de Shannon de 1,58 para sistemas agroforestales, que es más alto que en tu estudio. Esto indica una mayor equidad en la distribución de individuos en sistemas agroforestales en comparación con el sistema de bambú. Además, el estudio de Sánchez (2018), muestra valores similares con un índice de Shannon de 1,62 en pastizales, exponiendo que la equidad puede ser mayor en otros tipos de vegetación comparado con el bambú. La disminución en el índice de Shannon en tu investigación podría reflejar una tendencia hacia una mayor dominancia de ciertas especies, en línea con el aumento en el índice de Simpson, lo cual podría estar asociado con cambios en la estructura del hábitat y en la competencia entre especies.

Consecuente, el índice de Margalef, ha mostrado un aumento de 2,178 a 2,238 indicando un incremento en la riqueza de especies. Este resultado es consistente con el hallazgo de Chumbe (2018), quien reporta una riqueza de 190 individuos distribuidos en 14 familias, aunque con una diversidad más baja en comparación con tu estudio. Sin embargo, es notable

que el índice de Margalef no ha mostrado cambios drásticos, lo que sugiere que la llegada de nuevas especies es moderada.

En resumen, el aumento en el índice de Simpson junto con la disminución en el índice de Shannon en el estudio refleja un cambio hacia una mayor dominancia de algunas especies y una ligera disminución en la equidad. Estos resultados contrastan con algunos estudios previos que reportan una mayor equidad y diversidad en otros tipos de vegetación, da a entender que la plantación de bambú ha favorecido la llegada de nuevas especies, pero también ha llevado a una mayor dominancia de ciertas especies en comparación con otros sistemas evaluados.

4.2. Densidad (ind/m²) de macrofauna edáfica

Tabla 3. Densidad (ind/m²) de macrofauna edáfica en la primera evaluación.

FILAS	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
FILA 1	4	160,00	101,00	63,00	64,00	288,00
FILA 2	8	122,00	87,00	71,00	48,00	320,00
FILA 3	8	132,00	92,00	70,00	16,00	304,00
FILA 4	6	109,00	100,00	92,00	16,00	288,00

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

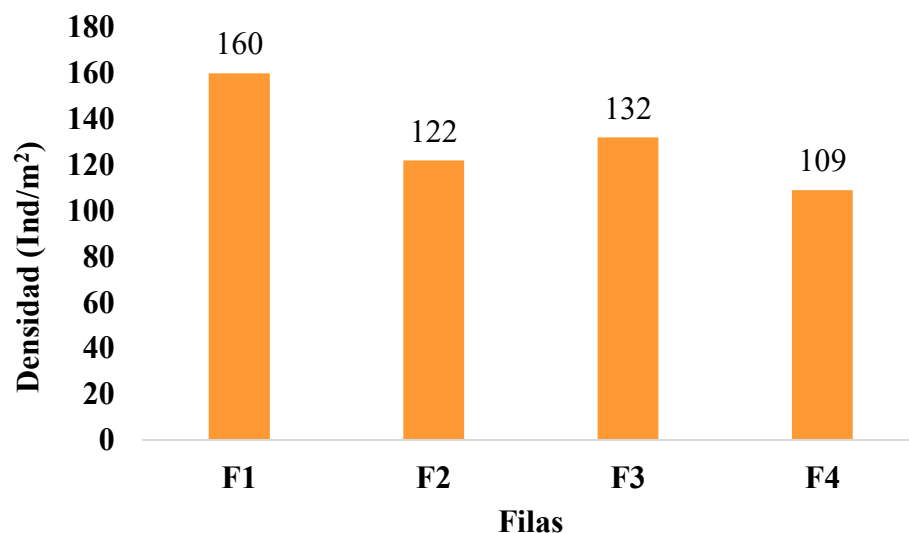


Figura 5. Promedio de densidad de macrofauna (ind/m²) en la primera evaluación.

En la primera evaluación, la densidad de macrofauna edáfica (ind/m²) de la plantación de *Dendrocalamus asper* mostró variaciones significativas entre las diferentes filas. La primera fila presentó la mayor densidad promedio con 160,00 ind/m² y una alta variabilidad

(D. E. 101,00 ind/m², C. V. 63,00 %), indicando una densidad de macrofauna relativamente alta, pero con una distribución desigual. La segunda fila tuvo una densidad promedio de 122,00 ind/m², también con una alta variabilidad (D. E. 87,00 ind/m², C. V. 71,00 %). La tercera fila presentó una densidad promedio similar a la segunda con 132,00 ind/m² y una variabilidad comparativamente alta (D. E. 92,00 ind/m², C. V. 70,00 %). La cuarta fila mostró la menor densidad promedio de 109,00 ind/m², pero con la mayor variabilidad (D. E. 100,00 ind/m², C. V. 92,00 %), lo que apunta una distribución muy heterogénea de macrofauna. Estos resultados indican que, en la primera evaluación, la densidad de macrofauna edáfica era alta, pero muy variable en todas las filas, reflejando posiblemente diferencias en las condiciones edáficas y microhábitats a lo largo de la pendiente (Tabla 3 y Figura 5).

Tabla 4. Promedio de densidad de macrofauna edáfica (ind/m²) a tres profundidades en la primera evaluación.

FILAS	Profundidad	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
1	0 – 10 cm	4	100,00	76,00	76,00	32,00	208,00
	10 – 20 cm	3	80,00	16,00	20,00	64,00	96,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-
2	0 – 10 cm	8	98,00	60,00	61,00	48,00	224,00
	10 – 20 cm	6	32,00	32,00	100,00	16,00	96,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-
3	0 – 10 cm	8	92,00	63,00	69,00	16,00	192,00
	10 – 20 cm	5	51,00	52,00	102,00	16,00	144,00
	20 – 30 cm	1	64,00	0,00	0,00	64,00	64,00
4	0 – 10 cm	6	106,00	95,00	89,00	16,00	272,00
	10 – 20 cm	1	16,00	0,00	0,00	16,00	16,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

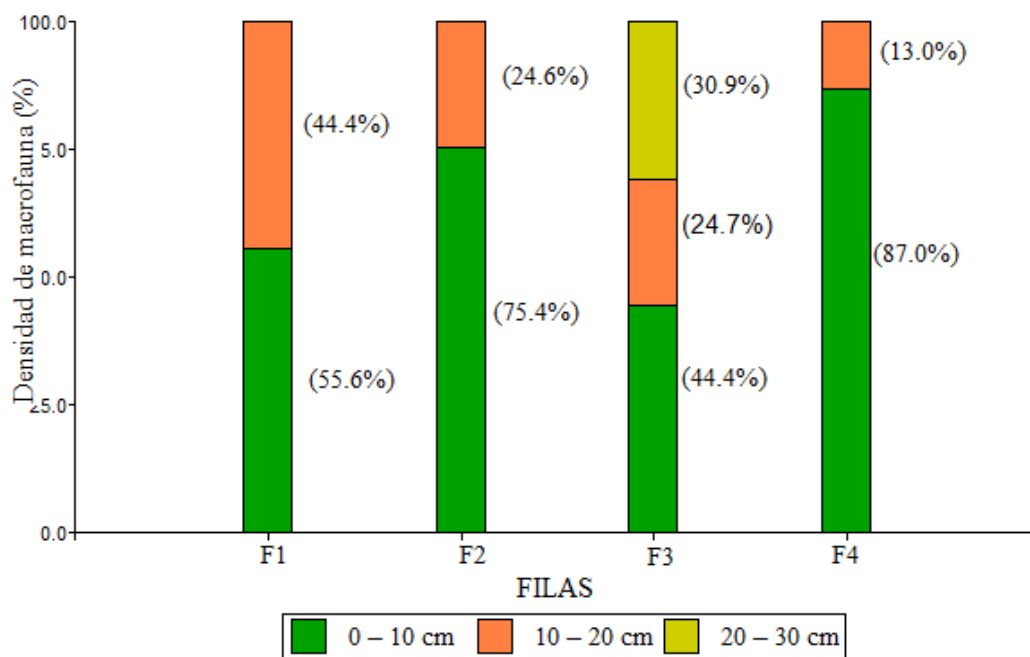


Figura 6. Valores porcentuales a tres profundidades de densidad de macrofauna en la primera evaluación.

En la primera evaluación, la densidad de macrofauna edáfica mostró una mayor concentración en la capa superficial (0 - 10 cm) en todas las filas, con promedios de 100,00 ind/m² en la fila 1; 98 ind/m² en la fila 2; 92 ind/m², en la fila 3; 106,00 ind/m² en la fila 4, aunque con una alta variabilidad (C. V. entre 61,00 % y 89,00 %), lo que indica una distribución desigual. A profundidades de 10 - 20 cm, la densidad disminuyó notablemente, con promedios de 80 ind/m² en la fila 1; 32 ind/m² en la fila 2; 51,00 ind/m², en la fila 3; 16 ind/m² en la fila 4, y variabilidad variable, sugiriendo una menor presencia y una distribución más irregular de macrofauna en estas capas. La falta de datos a 20 - 30 cm limita el análisis a esta profundidad, pero la tendencia general plantea que la macrofauna se concentra principalmente en las capas superficiales del suelo, donde las condiciones son más favorables para su desarrollo (Tabla 4 y Figura 6).

Tabla 5. Densidad (ind/m²) de macrofauna edáfica en la última evaluación.

FILAS	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
FILA 1	4	588	464,00	79,00	112	1200
FILA 2	8	288	443,00	153,00	32	1360
FILA 3	8	218	190,00	87,00	16	544
FILA 4	5	192	49,00	25,00	160	272

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

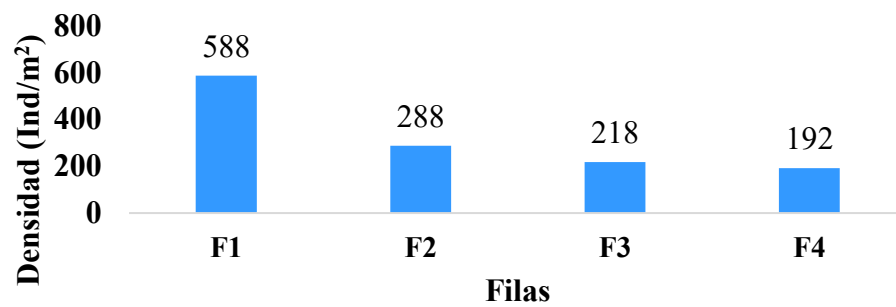


Figura 7. Promedio de densidad de macrofauna (ind/m²) en la última evaluación.

La densidad de macrofauna edáfica aumentó significativamente en todas las filas, pero con variaciones notables en la distribución. En la fila 1, la densidad promedio aumentó a 588 ind/m², con una alta variabilidad (D. E. 464,00 ind/m², C. V. 79 %), indicando una mayor densidad, pero con una distribución muy desigual. La fila 2 presentó una densidad promedio de 288 ind/m², pero con una variabilidad extremadamente alta (D. E. 443, 00 ind/m², C. V. 15,00 %), reflejando una distribución muy heterogénea. La fila 3 mostró una densidad promedio de 218 ind/m² y una variabilidad considerable (D. E. 190,00 ind/m², C. V. 87,00 %), sugiriendo una mejora en la densidad, pero con cierta desigualdad en la distribución. La fila 4 tuvo la densidad promedio más baja de 192 ind/m² y la menor variabilidad (D. E. 49,00 ind/m², C. V. 25,00 %), indicando una distribución más uniforme. Estos resultados muestran que la implementación del bambú mejoró la densidad de macrofauna, pero los efectos fueron más uniformes en la fila 4 y más variables en las otras filas, posiblemente debido a diferencias microambientales. (Tabla 5 y Figura 7).

Tabla 6. Promedio de densidad de macrofauna edáfica (ind/m²) a tres profundidades en la última evaluación.

FILAS	Profundidades	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
1	0 – 10 cm	4	428,00	406,00	94,00	112,00	1024,00
	10 – 20 cm	3	213,00	124,00	58,00	112,00	352,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-
2	0 – 10 cm	8	216,00	328,00	152,00	32,00	992,00
	10 – 20 cm	4	144,00	156,00	108,00	16,00	368,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-
3	0 – 10 cm	8	114,00	81,00	71,00	16,00	288,00
	10 – 20 cm	3	277,00	148,00	53,00	112,00	400,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-

4	0 – 10 cm	5	179,00	44,00	24,00	144,00	256,00
	10 – 20 cm	3	21,00	9,00	43,00	16,00	32,00
	20 – 30 cm	-	-	-	-	-	-

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

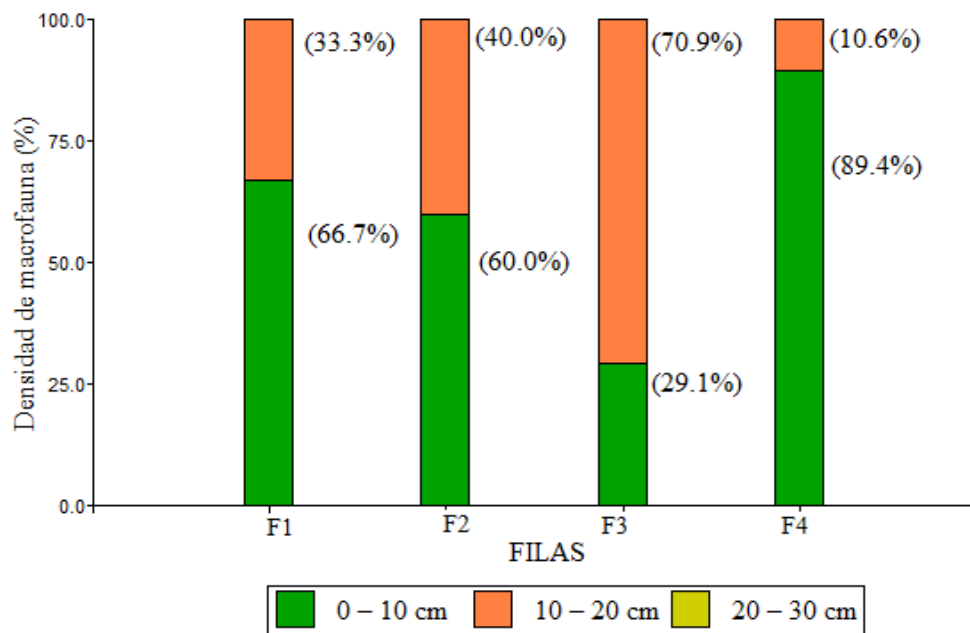


Figura 8. Valores porcentuales a tres profundidades de densidad de macrofauna en la última evaluación.

La densidad de macrofauna edáfica varió significativamente por profundidades. En la fila 1, la densidad promedio en la capa superficial (0 - 10 cm) fue de 428,00 ind/m² con alta variabilidad (D. E. 406,11 ind/m², C. V. 94,89 %), disminuyendo a 213,33 ind/m² en la profundidad de 10 - 20 cm con menor variabilidad (D. E. 124,28 ind/m², C. V. 58,26 %). La fila 2 presentó una densidad promedio de 216,00 ind/m² en la capa superficial con extrema variabilidad (D. E. 328,68 ind/m², C. V. 152,17 %), y una densidad promedio de 144,00 ind/m² a 10 - 20 cm con alta variabilidad (D. E. 156,22 ind/m², C. V. 108,49 %). En la fila 3, la densidad promedio en la capa superficial fue de 114,00 ind/m², con moderada variabilidad (D. E. 81,78 ind/m², C. V. 71,74 %), incrementándose a 277,33 ind/m² a 10 - 20 cm con menor variabilidad (D. E. 148,67 ind/m², C. V. 53,61 %). La fila 4 mostró la menor variabilidad en la capa superficial con una densidad promedio de 179,20 ind/m² (D. E. 44,40 ind/m², C. V. 24,78 %), pero una drástica disminución a 21,33 ind/m² a 10 - 20 cm (D. E. 9,24 ind/m², C. V. 43,30 %). Estos resultados sugieren una mejora general en la densidad de macrofauna edáfica tras la implementación de la plantación de bambú, especialmente en las capas superficiales, aunque

con una distribución aún heterogénea dependiendo de la fila y la profundidad (Tabla 6 y Figura 8).

La implementación de *Dendrocalamus asper* resultó en un aumento significativo de la densidad de macrofauna edáfica en todas las filas y profundidades. Antes de la implementación, la densidad promedio en la fila 1 era de 160,00 ind/m², aumentando a 588 ind/m² después de la intervención, mientras que en la fila 2 aumentó de 122,00 ind/m² a 288 ind/m². Similarmente, la fila 3 pasó de 132,00 ind/m² a 218,00 ind/m² y la fila 4 de 109,00 ind/m² a 192 ind/m². La mayor variabilidad observada antes de la implementación (C. V. entre 63,00 % y 92,00 %) disminuyó en algunas filas después de la intervención, aunque se mantuvo alta en la fila 2 (C. V. 153,00 %). En términos de profundidad, la capa superficial (0 - 10 cm) mostró los mayores incrementos, especialmente en la fila 1 con un aumento de 100,00 ind/m² a 428,00 ind/m². Estos resultados sugieren que el Bambú mejoraron las condiciones del suelo, favoreciendo un incremento y distribución más uniforme de la macrofauna, especialmente en las capas superficiales.

Los resultados muestran coincidencias y discrepancias significativas. Ruiz (2023) reporta una densidad idéntica para el sistema de bambú en su estudio, lo cual respalda la consistencia de los hallazgos. Sin embargo, Panduro (2013) encuentra una densidad mucho mayor (496 ind/m²) en el mismo tipo de sistema, revelando que las diferencias podrían estar relacionadas con las variaciones en la estructura del suelo o el manejo específico del bambú en las diferentes ubicaciones de estudio. Adicionalmente, Pashanasi (2001) reporta densidades más altas en otros sistemas agrícolas (362 a 574 ind/m²), indicando que los sistemas de uso de la tierra menos intervenidos podrían sustentar mayores poblaciones de macrofauna en comparación con el bambú, debido a factores como la disponibilidad de recursos y la estructura del hábitat.

Por otro lado, la comparación con los estudios de Saldaña (2024) y Gálvez et al. (2016) revela diferencias marcadas. Saldaña (2024) encuentra una densidad significativamente más alta en el sistema de cacao (801 ind/m²), lo que sugiere que sistemas agroforestales como el cacao pueden proporcionar un hábitat más favorable para una mayor densidad de macrofauna. Asimismo, Gálvez et al. (2016) reportan densidades aún mayores en sistemas silvopastoriles (4688 ind/m²) y bosques secos (1968 ind/m²), destacando que estos entornos, con su mayor productividad y diversidad de hábitats, pueden ofrecer condiciones más propicias para la macrofauna en comparación con el sistema de bambú. En resumen, los datos nos dan a entender que la densidad de macrofauna en el sistema de bambú es relativamente baja y qué factores

como la estructura del suelo y los recursos existentes podrían jugar un papel crucial en la variabilidad observada entre diferentes tipos de sistemas ecológicos.

4.3. Biomasa (g/m^2) de macrofauna edáfica

Tabla 7. Biomasa (g/m^2) en la primera evaluación.

FILAS	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
FILA 1	4	23,90	12,85	53,77	13,08	41,33
FILA 2	8	13,34	19,14	143,46	1,29	58,78
FILA 3	8	9,66	10,37	107,39	0,10	31,90
FILA 4	6	9,98	13,77	137,92	0,06	35,04

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

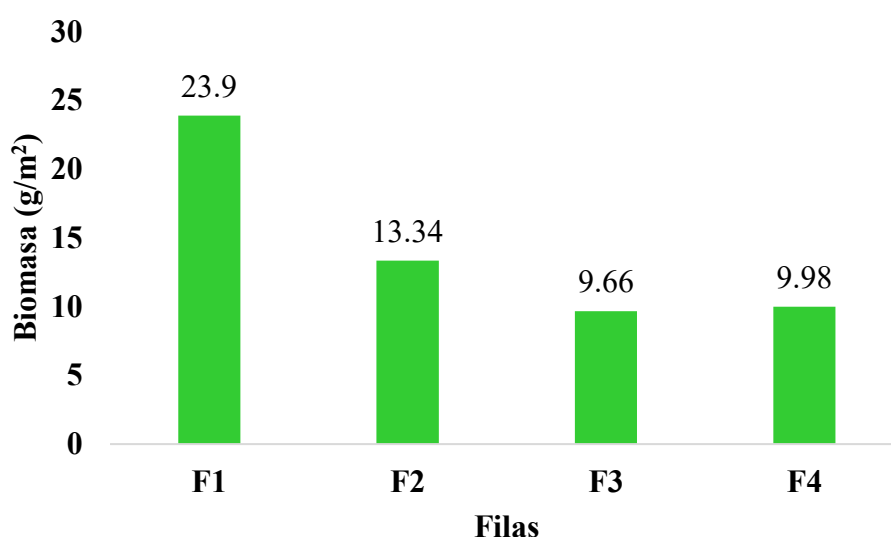


Figura 9. Promedio de biomasa de macrofauna edáfica (g/m^2) en la primera evaluación.

En la primera evaluación, se observó que la biomasa de macrofauna edáfica en la plantación de *Dendrocalamus asper* variaba significativamente entre las diferentes filas. La primera fila, ubicada en la parte baja, tenía la mayor biomasa promedio de 23.90 g/m^2 , aunque con una alta variabilidad (D. E. 12.85 g/m^2 y C. V. 53.77%). Las filas 2, 3 y 4, situadas en zonas más altas, mostraron menores biomazas promedias de 13.34 g/m^2 , 9.66 g/m^2 y 9.98 g/m^2 respectivamente, y presentaron una notable dispersión en sus datos, particularmente la fila 2, que exhibió el mayor coeficiente de variación (143.46%), indicando grandes fluctuaciones en la biomasa. La alta variabilidad en todas las filas, reflejada en los amplios rangos entre los

valores mínimos y máximos, sugiere diferencias significativas en las condiciones del suelo o microhábitats a lo largo de la pendiente, afectando la biomasa de la macrofauna. Estos resultados preliminares indican que las condiciones ambientales y edáficas varían considerablemente a lo largo de la pendiente, influyendo en la distribución y biomasa de la macrofauna, y se espera que la implementación de especies como el bambú pueda modificar estas dinámicas al mejorar la calidad del suelo (Tabla 7 y Figura 9).

Tabla 8. Biomasa (g/m^2) en la última evaluación.

FILAS	N	Media	D.E.	C.V.	Min	Max
FILA 1	4	38,52	27,26	70,76	6,12	71,95
FILA 2	8	9,64	5,76	59,79	1,74	18,08
FILA 3	8	5,74	5,33	92,94	0,27	14,26
FILA 4	6	15,2	11,75	77,28	4,5	34,22

D.E.: desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación; Min: Mínimo; Max: máximo

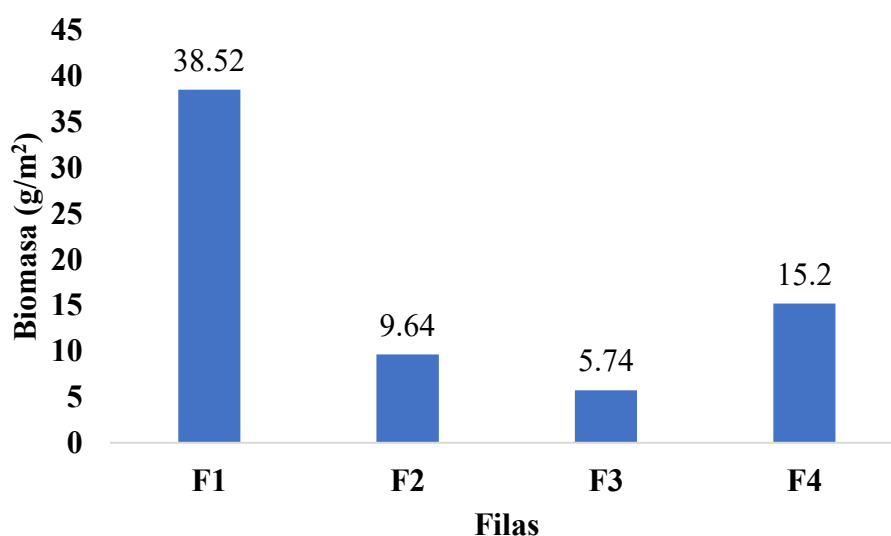


Figura 10. Promedio de biomasa de macrofauna edáfica (g/m^2) en la última evaluación.

Se analizó cambios en la biomasa de la macrofauna edáfica en la plantación de *Dendrocalamus asper*. En la primera fila, la biomasa promedio aumentó significativamente a $38,52 \text{ g/m}^2$, aunque con una mayor variabilidad (D. E. $27,26 \text{ g/m}^2$ y C. V. $70,76 \%$), lo que indica un aumento en la productividad edáfica, pero también una dispersión considerable en los datos. La segunda fila mostró una disminución en la biomasa promedio a $9,64 \text{ g/m}^2$, con una menor variabilidad comparada con el periodo anterior (D. E. $5,76 \text{ g/m}^2$ y C. V. $59,79 \%$). La tercera fila también presentó una reducción en la biomasa promedio a $5,74 \text{ g/m}^2$, pero mantuvo una alta variabilidad (D. E. $5,33 \text{ g/m}^2$ y C. V. $92,94 \%$). En contraste, la cuarta fila experimentó un incremento en la biomasa promedio a $15,20 \text{ g/m}^2$, aunque con una variabilidad notable (D.

E. 11,75 g/m² y C. V. 77,28 %). Estos resultados determinan que la implementación de cobertura vegetal tuvo efectos diferenciales a lo largo de las filas, incrementando significativamente la biomasa en la primera y cuarta fila, mientras que en la segunda y tercera fila la biomasa disminuyó, posiblemente debido a las condiciones microambientales a lo largo de la pendiente (Tabla 8 y Figura 10).

Se registraron efectos variados en la biomasa de la macrofauna edáfica. En la primera fila, la biomasa promedio aumentó significativamente de 23,90 g/m² a 38,52 g/m², aunque con mayor variabilidad, indicando mejoras en la calidad del suelo, pero también una distribución desigual de recursos. La segunda y tercera fila experimentaron una disminución en la biomasa promedio (de 13,34 g/m² a 9,64 g/m² y de 9,66 g/m² a 5,74 g/m², respectivamente), sugiriendo que no hubo uniformidad en estas áreas o que hubo factores negativos que contrarrestaron sus efectos, aunque la variabilidad en estas filas se redujo. En contraste, la cuarta fila mostró un incremento en la biomasa promedio de 9,98 g/m² a 15,20 g/m², con una notable, pero reducida variabilidad, demostrando mejoras edáficas más consistentes. En conjunto, estos resultados nos indica que la plantación de bambú mejoró las condiciones del suelo en algunas áreas de la plantación, pero su efecto no fue uniforme a lo largo de todas las filas, destacando la necesidad de un manejo más homogéneo para maximizar los beneficios en toda la plantación.

Esto se alinea con los hallazgos de Ruiz (2023), quien reporta una biomasa de 16,16 g/m² en el sistema de bambú, indicando que la plantación de bambú puede promover una mayor biomasa comparada con ciertos sistemas agrícolas. Sin embargo, el estudio muestra una biomasa promedio más alta en comparación con los 14,69 g/m² reportados por Panduro (2013) para el bambú, lo que podría sugerir una respuesta positiva de la biomasa a las condiciones específicas del estudio, aunque con una distribución desigual en diferentes áreas. Esto puede ser reflejo de mejoras en la calidad del suelo que benefician a la macrofauna en ciertas áreas, pero que aún no se han logrado de manera uniforme a lo largo de toda la plantación.

La disminución en la biomasa promedio en la segunda y tercera fila del estudio (de 13,34 g/m² a 9,64 g/m² y de 9,66 g/m² a 5,74 g/m², respectivamente) insinúa problemas potenciales en esas áreas. Estos resultados contrastan con los hallazgos de Cabrera (2012), que reporta una biomasa de 57.50 g/m² en sistemas de forraje, y de Pashanasi (2001), con biomasa en pasturas que varía de 38,4 a 165,9 g/m², indicando que otros sistemas pueden estar manejando mejor la biomasa de macrofauna, posiblemente debido a una gestión más homogénea o a una estructura de hábitat más adecuada. La mejora en la biomasa en la cuarta fila (de 9,98 g/m² a 15,20 g/m²) podría ser comparada con los resultados de Saldaña (2024), quien encontró una biomasa

relativamente alta en sistemas de cacao. Estos resultados determinan que, aunque la plantación de bambú puede ser beneficiosa para la biomasa en algunos sectores, la variabilidad en los efectos a lo largo de la plantación resalta la necesidad de un manejo más equitativo y adaptado a las características locales para optimizar la biomasa de la macrofauna en toda el área de estudio.

V. CONCLUSIÓN

La abundancia de termitas aumentó notablemente en un periodo de 6 meses, mientras que la de lombrices mostró una leve variación. Además, se registró un incremento en la diversidad de especies, lo que indica una mejora en la complejidad del ecosistema del suelo.

La evaluación de la macrofauna edáfica en el suelo degradado con plantación de *Dendrocalamus asper* mostró una mejora significativa en la densidad de individuos entre la primera y última evaluación de un periodo de 6 meses. En general, la densidad aumentó en las distintas filas evaluadas, especialmente en la capa superficial (0 - 10 cm), lo que sugiere una mejora en las condiciones del suelo y un incremento en la biodiversidad edáfica.

La evaluación de la macrofauna edáfica en la plantación de *Dendrocalamus asper* mostró un aumento en la biomasa en algunas filas, especialmente en la fila 1 y fila 4, lo que indica una mejora en las condiciones del suelo. Sin embargo, en otras filas, la biomasa disminuyó, lo que podría indicar variaciones en las condiciones locales del suelo o en la dinámica de la macrofauna.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Continuar con el monitoreo de la macrofauna edáfica a lo largo de varios años en el bosque reservado (BRUNAS) para evaluar los efectos a largo plazo de las plantaciones de bambú, especialmente de *Dendrocalamus asper*, sobre la calidad del suelo y su capacidad para mantener la biodiversidad edáfica.
- Realizar comparaciones con otras áreas del bosque que no tengan plantaciones de bambú, para evaluar de manera más precisa el impacto del bambú sobre la macrofauna edáfica y la calidad del suelo en diferentes contextos.
- Implementar un sistema de monitoreo climático y ambiental continuo para controlar mejor las variables externas que pueden afectar la densidad de macrofauna edáfica, como la temperatura, la humedad y las precipitaciones.

VII. REFERENCIAS

- Alkorta, I., Aizpurua, A. Riga, P., Albizu, I., Amezaga, I & Garbisu, C. (2003). Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Rev. Environ. Health*. 18(1):65-98.
- Biosil, L. (2015). Macrofauna. Obtenido 07 16, 2015, de www.soilrdpress.com/2015/02/18/macrofauna/
- Blondel, J. (1995). Biogeographie: Approche ecologique et evolutive. Masson, Paris, Francia. 297p.
- Brown, G. (2000). Macrofauna edáfica. México.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 35 (4): 349-364
- Cabrera, G. (2014). Manual práctico sobre macrofauna edáfica. Cuba
- Castaño, F. (1983). Algunos aspectos sobre el cultivo y aprovechamiento del bambú en Colombia. Buga, valle Colombia, corporación autónoma.
- 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>
- Chumbe, G. (2018). Macroinvertebrados edáficos en el Bosque Vásquez Pampa, Luya- Amazonas, 2017. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1347/CHUMBE%20RAMIREZ%20GEILYT.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cronquist, A. (1981). Lista de las clases, subclases, órdenes y familias de las angiospermas - Columbia University Press.
- Domínguez, J. (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. Boca Ratón FL USA: Earthworm Ecology.

- Ecobambú. (2006). Forestadora de Argentina. [En línea]: ECO BAMBOO (http://www.ecobamboo.com.ar/respuestas_del_bambu.htm, 5 de Octubre del 2008).
- Escobar, A., Bartolome, J., González, N. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Esteli Medio Ambiente, tecnología y desarrollo humano* 6(22): 39-49.
- FAO. (2016). Propiedades físicas del suelo. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamientode-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>. [15 Junio 2017].
- Francaviglia, R. (2008). Agricultural Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analyses. OECD. Paris, Francia.
- Gálvez, A., Reina, A., Meneses, E. (2016). Cuantificación de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en bosque seco. *Revista Investigación Pecuaria*. 4(22):13-15.
- García, C., Hernández, T. (2003). Introducción. En: Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos de Suelos: Medidas de actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana. (Eds. C. García, F. Gil, T. Hernández, C. y C. Trasar). Mundi-Prensa. Madrid.
- Hernández, U. (2018). Macrofauna edáfica asociada a un bosque de Pino con Aprovechamiento Foresta en Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional BUAP. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/8098/351118T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, M. (2023) Macrofauna edáfica como indicador biológico de la recuperación de suelos degradados en una cronosecuencia post-minería aurífera en la Comunidad Nativa de San Jacinto, distrito de Tambopata – Madre de Dios. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios] Repositorio UNAMAD <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/976>
- Ibañez, J. (2007). Clasificación de los organismos del suelo por tamaños. Obtenido 09 20 2015 de: www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/04/67011

- Jones, C., Shachak, J., Lawton, Y. (1994). Organismos. Ingenieros del ecosistema. *Oikos* 69: 373-386
- Lavalle, P., Dangerfield, C., Fragoso, V., Eschen, M. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. En: Woomer, P. y Swift, M. (eds.). The Biological management of tropical soil fertility. John Wiley and Sons, Chichester. p. 137 - 170.
- Lema, N. (2016). Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de del suelo en tres agroecosistemas de la Comunidad de Naubug. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5419/1/TESIS%20MACROFAUNA.pdf>.
- Londoño, X. (1990). Estudio botánico, ecológico, silvicultura, económico e industrial de las Bambusoideas de Colombia. Colombia.
- Morán, J., Alfaro, F. (2015) Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria] Repositorio UNA <https://repositorio.una.edu.ni/3203/>
- Mostacedo, B. (2000). Manual de métodos básicos en muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz: El país.
- Panduro, F. (2013). Diversidad de Macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1060/TS_FPG_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. *Rev. Folia amazónica*. 12(1-2): 75- 97.
- Pierola, L. (2023) efectos de la cobertura vegetal en las características biológicas, físicas y químicas de los suelos degradados por minería aurífera en la comunidad nativa San Jacinto, Tambopata - Madre de Dios 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios] Repositorio UNAMAD <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/960>
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Scielo.

- Ramirez, A. (1999). *Ecología Aplicada: Diseño Análisis Estadístico*. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santafe de Bogota. 325 p.
- Rodríguez, J. (2004). *Ecología. Colección Ciencia y Tecnología*. Pirámide.
- Ruiz, F. (2023) Macrofauna edáfica asociada en cuatro sistemas de producción en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS
<https://repositorio.unas.edu.pe/items/322a7322-8ac4-42f2-bf6f-ecb84c602a0e>
- 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>
- Saldaña, W. (2024) Abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales y un bosque secundario en el fundo fortaleza de 60 ha del distrito de Luyando– Leoncio Prado 2023[Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio UNAS
<https://repositorio.unas.edu.pe/items/a1908dab-2d48-4923-aaf5-6fd2cbddec56>
- Schröder, S. (2010). Bamboo species, *Dendrocalamus asper*. Recuperado el 8 de diciembre del 2024, de <https://www.guaduabamboo.com/blog/dendrocalamus-asper>
- Takahashi, J. (2006). El Bambú en el Perú. 111 Simposio Latinoamericano del Bambú 2006. [En línea]: PERUBAMBU (<http://www.Perubambu.org.pe>, documento, 1 O de Abril del 2009).
- Velásquez, E., Lavelle, P., Andradec, M. (2009). GISQ, a multifunctional indicator of quality soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 3066–3080. Recuperado el 09 de setiembre de https://www.researchgate.net/profile/Patrick_Lavelle/publication/222076625_GISQ_a_multifunctional_indicator_of_soil_quality/links/02bfe51011f9fd317e000000.pdf
- Venegas, A. (2008). Caracterización de la materia orgánica de suelos de praderas naturales y cultivadas de la IX región Santiago – Chile 2008.

- Vilca, N. (2018). Influencia de los Sistemas de Producción en la diversidad de macrofauna edáfica en el distrito de Molinopampa, Provincia de Chachapoyas, Amazonas. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1333/Carito%20Vilca%20Valqui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zeberino, S., Altier, N., Rodrigez, M. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción de siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia*. 12(4): 46-58.

ANEXO

Tabla 9. Macrofauna en la primera evaluación.

Orden	Familia	Nombre común	Profundidades		
			0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1	4	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	4		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	10	3	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	2	1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	5	3	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	13	3	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Chordeumatida	Chelodesmidea	milpiés		2	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3	1	
Chordeumatida	Chelodesmidea	milpiés	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3	1	
Blattodea	Termitidae	termita	3		
Araneae	Araneidae	araña	1		
Blattodea	Termitidae	termita	2	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	2		
Scolopendromorpha	Cryptopidae	ciempiés	1		
Blattodea	Termitidae	termita		1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1		
Coleóptera	Elateridae	elátero	2		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	7		
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de madera	1		
Blattodea	Termitidae	termita		2	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	8		
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de madera	2		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	7	2	

Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1		
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de madera	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3		
Araneae	Oxyopidae	araña lince	1		
Araneae	Araneidae	araña		1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3		
Hymenóptera	Formicidae	isula	1		
Blattodea	Termitidae	termita		2	
Blattodea	Termitidae	termita	7		
Coleóptera	Elateridae	elátero	1		
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1	4	1
Blattodea	Termitidae	termita	4	5	2
Coleóptera	Carabidae	carábido	1		
Scolopendromorpha	Scolopendridae	escolopendra			1
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	6	1	
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de madera	2		
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1		
Hemíptera	Lygaeidae	chinche	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1		
Blattodea	Termitidae	termita	9		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	4		
Hymenóptera	Formicidae	isula	1		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Blattodea	Termitidae	termita	4		

Tabla 10. Macrofauna registrada en la última evaluación.

Orden	Familia	Nombre común	Profundidades		
			0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1		
Blattodea	Termitidae	termita	12	11	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	8	1	
Blattodea	Termitidae	termita	10		
Araneae	Oxyopidae	araña lince	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz		21	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	7		
Blattodea	Termitidae	termita		5	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	14	2	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	2	1	
Coleóptera	Elateridae	elátero	1		
Blattodea	Termitidae	termita		4	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	3	6	
Lepidóptera	Noctuidae	polilla	1		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz		1	
Araneae	Pholcidae	araña patona		1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3		
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	8		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1		
Blattodea	Blattellidae	cucaracha de la madera	1		
Araneae	Salticidae	araña saltarina	2		
Blattodea	Termitidae	termita	18	22	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz		1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	2		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	12		
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	2		
Blattodea	Termitidae	termita	6		
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1		

Hymenóptera	Formicidae	hormiga arriera	2	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	2	
Blattodea	Blaberidae	cucaracha de cueva	3	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1	7
Hymenóptera	Formicidae	isula	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	5	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	1	
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	4	
Blattodea	Termitidae	termita	2	25
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1	
Hymenóptera	Formicidae	isula	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1	
Blattodea	Termitidae	termita	1	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga arriera	4	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	10	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3	1
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	4	1
Blattodea	Termitidae	termita	2	
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	1	
Hemíptera	Lygaeidae	chinche	1	
Blattodea	Termitidae	termita	5	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	3	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	2	
Hymenóptera	Formicidae	hormiga común	5	
Coleóptera	Elateridae	elátero	1	
Blattodea	Termitidae	termita	5	
Coleóptera	Tenebrionidae	escarabajo oscuro	2	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	5	1
Blattodea	Termitidae	termita	1	
Haplotáxida	Lumbricidae	lombriz	7	

Blattodea	Termitidae	termita	2	
Coleóptera	Scarabaeidae	escarabajo	3	
Coleóptera	Carabidae	carábido		1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Departamento Académico de Ciencias Agrarias
LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA



**"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"**

EL JEFE DEL LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARIA, CERTIFICA:

QUE, DE LAS 42 MUESTRAS EN LA PRIMERA EVALUACIÓN Y DE LAS 40 MUESTRAS EN LA SEGUNDA EVALUACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EDAFICOS ENVIADAS POR LA SRTA. YAQUELINE ALONDRA LUJAN NEIRA, ALUMNA Y TESISISTA DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL, DE FACULTAD DE RECURSOS NATURALES SE HAN IDENTIFICADO LOS SIGUIENTES ESPECIMENES:

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Obrera de <i>Atta cephalotes</i> L. | (Hymenoptera: Formicidae) |
| 2. Adultos de <i>Paraponera</i> sp. "Isula" | (Hymenoptera: Formicidae) |
| 3. Adulto de hormigas comunes | (Hymenoptera: Formicidae) |
| 4. Larvas de hormigas comunes | (Hymenoptera: Formicidae) |
| 5. Ninfas de cucaracha de las cuevas | (Blattodea: Blaberidae) |
| 6. Ninfas de cucaracha de la madera | (Blattodea: Blatellidae) |
| 7. Obreras de termites | (Isoptera: Termitidae) |
| 8. Larva de <i>Phyllophaga</i> sp. | (Coleoptera: Scarabaeidae) |
| 9. Adulto de escarabajo | (Coleoptera: Carabidae) |
| 10. Adulto de chinche | (Coleoptera: Lygaeidae) |
| 11. Adulto de escarabajo | (Coleoptera: Tenebrionidae) |
| 12. Adulto de escarabajo | (Coleoptera: Elateridae) |
| 13. Larva de escarabajo | (Coleoptera: Elateridae) |
| 14. Larva de mariposa | (Lepidoptera: Noctuidae) |
| 15. Araña saltarina | (Arachnida: Salticidae) |
| 16. Araña lince | (Arachnida: Oxyopidae) |
| 17. Araña patona | (Arachnida: Pholcidae) |
| 18. Adultos de <i>Lumbricus terrestris</i> L. | (Haplotaxida: Lumbricidae) |
| 19. Huevos de <i>Lumbricus terrestris</i> L. | (Haplotaxida: Lumbricidae) |

SE OTORGA EL PRESENTE DOCUMENTO PARA LOS FINES QUE CREA CONVENIENTE.

TINGO MARIA, 28 DE JUNIO DE 2024.

Blgo. M. Sc. José Luis GIL BACILIO
Jefe del Laboratorio de Entomología
Celular: 937514633
F.A. - UNAS

Figura 11. Constancia de identificación de macrofauna edáfica.



Figura 12. Delimitación de los monolitos para muestreo de macrofauna edáfica.



Figura 13. Instalación del letrero correspondiente a la tesis.



Figura 14. Obtención de las muestras de suelo a diferentes profundidades.



Figura 15. Separación del suelo con la macrofauna.



Figura 16. Muestras de macrofauna separada por monolito y profundidad.



Figura 17. Conteo y peso de la macrofauna edáfica.