

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
QUÍMICAS DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Guadua angustifolia* Kunth DE
TRES EDADES, TULUMAYO, PUEBLO NUEVO, HUÁNUCO, PERÚ**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PRESENTADO POR:

MARIA LLULIANA TOCTO PEÑA

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 050-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de marzo de 2025, a horas 11:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Guadua angustifolia* Kunth DE TRES EDADES, TULUMAYO, PUEBLO NUEVO, HUÁNUCO, PERÚ”

Presentado por la Bachiller: **MARIA LLULIANA, TOCTO PEÑA**, 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, la sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 05 de mayo de 2025

Ph. D. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA
PRESIDENTE

Dr. JOSE DOLORES LÉVANO CRISÓSTOMO
MIEMBRO

Ing. MSc. WARREN RIOS GARCIA
MIEMBRO



Ing. MSc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA
ASESOR



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 132 - 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 en Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	-------------------------------------	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PLANTACIONES DE Guadua angustifolia Kunth DE TRES EDADES, TULUMAYO, PUEBLO NUEVO, HUÁNUCO, PERÚ	MARIA LLULIANA TOCTO PEÑA	15 % Quince

Tingo María, 14 de mayo de 2025


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

Dr. Tomás Menacho Mallqui
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN PLANTACIONES DE *Guadua angustifolia* DE TRES EDADES, TULUMAYO, PUEBLO NUEVO, HUÁNUCO, PERÚ

Autor	: María LLuliana Tocto Peña
Asesor	: Ing. M.Sc. Edilberto Diaz Quintana
Área de investigación	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología
Grupo de investigación	: Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y recursos naturales
Línea de investigación:	: Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y recursos naturales
Lugar de ejecución	: Centro de investigación y producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD)
Duración	: 08 meses
Financiamiento	: S/. 9 481,00
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú, 2025



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA
SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
TÍTULO PROFESIONAL, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA**

I. Datos generales

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	:	Facultad de Recursos Naturales Renovable
Escuela Profesional	:	Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
Título de la Tesis	:	Relación de la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de <i>Guadua angustifolia</i> de tres edades, Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.
Objetivo general	:	Analizar la relación de la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de <i>Guadua angustifolia</i> de tres edades, Tulumayo-Pueblo Nuevo-Huánuco
Autor de la tesis	:	María LLuliana Tocto Peña
DNI	:	77817510
Correo electrónico	:	maria.tocto@unas.edu.pe
Asesor de la Tesis	:	Ing. M.Sc. Edilberto Diaz Quintana
Área de investigación	:	Valorización de la biodiversidad, recursos naturales y biotecnología
Grupo de investigación	:	Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y recursos naturales
Línea de investigación	:	Manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y recursos naturales
Lugar de ejecución	:	Centro de investigación y producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Súngaro (CIPTALD)
Fecha de inicio	:	04 de febrero del 2024
Fecha de término	:	04 de setiembre del 2024
Presupuesto	:	S/. 9 481,00
Financiamiento	:	Propio (x) FEDU () Externo ()

Tingo María, Perú, marzo 2025

María LLuliana Tocto Peña
Tesista

Ing. MSc Edilberto Díaz Quintana
Asesor

DEDICATORIA

A mi amado Dios, fuente de toda sabiduría y entendimiento. En tu infinita bondad y misericordia, encontré la fuerza para perseverar a lo largo de este viaje académico.

A mis amados padres Guillermo Tocto Santos y Teodolinda Peña Carhualloclo, por su amor incondicional y apoyo inquebrantable. A ustedes les dedico este logro, símbolo de su sacrificio, paciencia y fe en mí. Gracias por enseñarme la importancia del trabajo arduo, la perseverancia y la determinación. Esta tesis es un tributo a su amor y dedicación, y una expresión de gratitud por todas las oportunidades que me han brindado.

A mis queridos hermanos Lluly Margoth Tocto Peña, Samuel Denilson Tocto Peña, Josué David Tocto Peña, Jhonatan Moisés Tocto Peña quienes han sido mi apoyo y alegría a lo largo de toda mi vida. Esta tesis representa no solo mi esfuerzo, sino también el amor y la inspiración que ustedes me han brindado. Gracias por ser mi roca, mi confianza y mis mejores amigos. Este logro es tan vuestro como mío.

A mi compañero de vida Aldo Vela Ramírez por acompañarme en este proceso importante de mi vida. Tu paciencia, amor y comprensión me han dado la fuerza para superar los desafíos y continuar avanzando. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí misma.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria La Selva, mi “Alma mater”, por brindarme las aulas de formación académica durante mis años de estudiante, tengo el orgullo de ser Unasino.
- A mis queridos y prestigiosos docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por todos los conocimientos impartidos, por su paciencia y guiarnos siempre para convertirnos en los mejores profesionales.
- Al Ing M. Sc. Edilberto Diaz Quintana, por sus sabios consejos siendo de vital importancia en esta investigación. Sin sus valiosos aportes, experiencias y conocimientos, no hubiera podido completar mi investigación.
- Al Ing. Frits Palomino Vera Agradezco profundamente por sus valiosos consejos y aportes, experiencias y conocimientos siendo de vital importancia en esta investigación cada crítica constructiva y cada palabra de aliento. Su influencia ha sido clave en mi desarrollo como investigador y como persona.
- A mis amigas en especial a Elisa Tapia Cabada y Cyndy Minerva Meza Tuesta, por acompañarme en esta travesía universitaria y por celebrar mis pequeños triunfos como grandes logros. Agradezco profundamente su presencia en mi vida y su contribución a esta investigación. Esta tesis es un testimonio de nuestra amistad y de lo que podemos lograr juntas.
- A todas las personas que, de alguna u otra manera, han influido en mi vida académica y personal, gracias por su constante apoyo, por su confianza y por inspirarme a seguir siempre adelante. Este trabajo es el resultado del esfuerzo, la dedicación y el apoyo de todos ustedes. Mi más profundo agradecimiento, pues sin cada uno de ustedes, este logro no habría sido posible.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Macrofauna del suelo.....	3
2.1.2. Actividad de la macrofauna	3
2.1.3. Densidad y biomasa de la macrofauna	3
2.1.4. Diversidad de especies.....	4
2.1.5. Diversidad biológica.....	4
2.1.6. Diversidad en ecosistemas	4
2.1.7. Tipos de diversidad.....	5
2.1.8. Restauración de ecosistemas.....	5
2.1.9. Taxonomía de <i>G. angustifolia</i>	6
2.2. Estado del arte.....	7
2.2.1. A nivel internacional.....	7
2.2.2. A nivel nacional	8
2.2.3. A nivel local.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Lugar de ejecución	12
3.1.1. Ubicación geográfica y política.....	12
3.1.2. Ubicación política.....	12
3.1.3. Formación ecológica.....	13
3.1.4. Clima.....	13
3.2. Material y métodos	13
3.2.1. Materiales y equipos	13
3.2.2. Metodología.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Diversidad de especies de macrofauna del suelo en plantaciones de <i>G. angustifolia</i> de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú	21
4.1.1. Especies y abundancia	21
4.1.2. Diversidad alfa (α)	24
4.1.3. Diversidad beta (β)	27

4.2.	Densidad y biomasa de la macrofauna del suelo en plantaciones. de <i>G. angustifolia</i> de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú	33
4.3.	Propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de <i>G. angustifolia</i> de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú	37
4.4.	Relación de la diversidad de macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de <i>G. angustifolia</i> de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.....	41
V.	CONCLUSIONES	45
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	46
VII.	REFERENCIAS	47
ANEXO	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS de las plantaciones.....	12
2. Rango de valores de los índices de diversidad alfa.	16
3. Número de muestras por cada parcela.....	19
4. Variables e indicadores.....	20
5. Macrofauna del suelo por parcela y profundidad en la primera evaluación.....	22
6. Macrofauna del suelo por parcela y profundidad en la segunda evaluación.	23
7. Diversidad α de las parcelas por profundidad en las dos evaluaciones.	25
8. Similitud de Jaccard en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.....	28
9. Densidad y biomasa por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.....	35
10. Parámetros del suelos por parcela en las dos evaluaciones.	39
11. Promedio de diversidad alfa y parámetros del suelo de las dos evaluaciones.....	43
12. Relación entre la diversidad alfa de macrofauna y los parámetros del suelo.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de la investigación.....	13
2. Esquema del monolito para el muestreo.....	15
3. Diversidad de Margalef en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.	25
4. Diversidad de Shannon-Wiener en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.....	26
5. Diversidad de Simpson en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.	26
6. Diversidad Pielou en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.....	27
7. Diversidad β usando Jaccard en la primera evaluación por parcela y profundidad.	28
8. Dendrograma basado en Jaccard de 0-10 cm en la primera evaluación.....	29
9. Dendrograma basado en Jaccard de 10-20 cm en la primera evaluación.....	30
10. Dendrograma basado en Jaccard de 20-30 cm en la primera evaluación.....	30
11. Diversidad β usando Jaccard en la segunda evaluación por parcela y profundidad.....	31
12. Dendrograma basado en Jaccard de 0-10 cm en la segunda evaluación.	32
13. Dendrograma basado en Jaccard de 10-20 cm en la segunda evaluación.	32
14. Dendrograma basado en Jaccard de 20-30 cm en la segunda evaluación.	33
15. Densidad de macrofauna por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.	35
16. Biomasa de macrofauna por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.....	37
17. Niveles de pH en ambas evaluaciones por parcela.....	39
18. Valores de conductividad eléctrica en ambas evaluaciones por parcela.	40
19. Materia orgánica, nitrógeno y carbono en ambas evaluaciones por parcela.	40
20. Fósforo y oxido de potasio en ambas evaluaciones por parcela.....	41
21. CIC en ambas evaluaciones por parcela.	41
22. Correlación de los parámetros del suelo en la diversidad alfa de la macrofauna.	44
23. Análisis de suelo de la primera evaluación.	55
24. Análisis de suelo de la segunda evaluación.....	56
25. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (a).	57
26. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (b).	58
27. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (c).	59
28. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (d).	60
29. Identificación de macrofauna en la segunda evaluación.	61
30. Reconocimiento de las áreas con plantaciones de <i>G. angustifolia</i>	62
31. Medición del monolito (25 x 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad.	62

32. Muestreo y colecta de macrofauna en las áreas de estudio.	63
33. Colecta de la macrofauna en envases de plástico.	63
34. Rotulado de muestras de macrofauna para el laboratorio entomología.	64
35. Muestreo del suelo en las tres áreas de estudio.	64
36. Peso y cuantificación de la macrofauna del suelo de las de tres áreas.	65
37. Visita al área de investigación por el presidente del jurado de la tesis.	65
38. Visita durante las evaluaciones por el asesor de la tesis.....	66
39. Culminación de la primera evaluación de macrofauna y muestro de suelos.....	66
40. Rotulado de cada monolito a evaluar.	67
41. Colocación de carteles en cada plantación de <i>G. angustifolia</i>	67

RESUMEN

El estudio fue diseñado para analizar la relación entre macrofauna con propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *Guadua Angustifolia* de Tres edades, Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú. Se recolectaron muestras de macrofauna en tres profundidades (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) mediante monolitos en plantaciones de 5, 2 y 1,5 años. Se identificaron 23 y 25 especies/familias de macrofauna en la primera y segunda evaluación, respectivamente, con 819 y 851 individuos. El análisis de diversidad indicó poca diversidad con Margalef al igual que Shannon-Weaver de la macrofauna a diferentes profundidades. El índice de Simpson sugirió heterogeneidad diversa, mientras que la equidad de Pielou señaló abundancia de especies sin equidad. La diversidad beta mostró mayor similitud en el estrato de 0-10 cm entre las parcelas P1-P3 y P1-P2, y menor similitud con P3. La parcela P1 presentó la mayor densidad de macrofauna/m² y biomasa en la profundidad de 0-10 cm. El pH del suelo fue ligeramente ácido en todas las parcelas. La MO, fue moderada en la primera evaluación y aumentó significativamente en la segunda. Los niveles de nitrógeno (N) fueron bajos en la primera evaluación y aumentaron en la segunda. Los niveles de fósforo (P) variaron entre las parcelas y evaluaciones, y el sodio (Na) mostró niveles bajos en todas las parcelas y evaluaciones. Las correlaciones entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo fueron débiles.

Palabras claves: macrofauna, diversidad de especies, monolitos, muestreo de suelo, fertilidad del suelo.

ABSTRACT

The study was designed to analyze the relationship between macrofauna and soil physical and chemical properties in *Guadua angustifolia* plantations of Tres Ages, Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Peru. Macrofaunal samples were collected at three depths (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm) using monoliths in plantations of 5, 2 and 1.5 years old. Twenty-three and 25 species/families of macrofauna were identified in the first and second assessments, respectively, with 819 and 851 individuals. Diversity analysis indicated low diversity with Margalef as well as Shannon-Weaver of macrofauna at different depths. Simpson's index suggested diverse heterogeneity, while Pielou's equity indicated abundance of species without equity. Beta diversity showed higher similarity in the 0-10 cm stratum between plots P1-P3 and P1-P2, and lower similarity with P3. Plot P1 presented the highest density of macrofauna/m² and biomass in the 0-10 cm depth. Soil pH was slightly acidic in all plots. MO was moderate in the first evaluation and increased significantly in the second. Nitrogen (N) levels were low in the first evaluation and increased in the second. Phosphorus (P) levels varied among plots and evaluations, and sodium (Na) showed low levels in all plots and evaluations. Correlations between macrofauna and soil physical and chemical properties were weak.

Key words: macrofauna, species diversity, monoliths, soil sampling, soil fertility.

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación que sigue ocurriendo en todo el mundo es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en nuestros bosques. Este fenómeno se debe, en gran medida, al cambio en el uso del suelo, donde los bosques se convierten en tierras agrícolas, principalmente para cultivos anuales. Una vez que se cosechan, estas tierras a menudo quedan abandonadas, lo que resulta en la pérdida de la cobertura forestal durante largos períodos. Como resultado, los ecosistemas forestales están perdiendo su capacidad de recuperarse, lo que impacta en su habilidad para ofrecer servicios ecosistémicos vitales, como la regulación del agua y la producción de alimentos. Estas acciones humanas son las que están detrás de los serios problemas ambientales que enfrentamos hoy en día, cuyos efectos se hacen cada vez más evidentes, incluyendo sequías prolongadas, inundaciones e incendios forestales.

De manera que, es poca la información que se encuentra sobre la relación de la macrofauna con la fertilidad del suelo, se encuentran trabajos descriptivos como abundancia, diversidad, especies, etc., pero que no se relacionan, por ejemplo, con las propiedades edafoclimáticas del suelo, entre otros parámetros que ayudarían a la interpretación para un mejor manejo del suelo y plantaciones de cualquier tipo. En respuesta a esta preocupación, la presente investigación se centra en responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *Guadua angustifolia* de tres edades, Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú?

Por consiguiente, resulta fundamental determinar el grado de relación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que este conocimiento contribuirá al manejo agronómico de suelos abandonados debido a la pérdida de su capacidad productiva. Esto permitirá comprender de manera más precisa cómo el manejo de *G. angustifolia* mejora la composición, estructura y diversidad de la macrofauna edáfica, al mismo tiempo que restaura las propiedades físicas y químicas del suelo, promoviendo su capacidad para mantener una producción agrícola sostenible en beneficio de las poblaciones locales y, por extensión, de la región. Además, el análisis e interpretación de los resultados proporcionará información valiosa sobre cómo el manejo de *G. angustifolia* influye en la variación de la diversidad de la macrofauna del suelo, resaltando su papel en la recuperación de suelos degradados.

De igual forma, los hallazgos de esta investigación serán de gran relevancia para diversos actores, incluyendo tomadores de decisiones (como gobernadores, alcaldes, ministros, entre otros), profesionales independientes, técnicos de campo, investigadores y otros interesados. Esto se debe a que el estudio aborda un tema de interés actual: la mitigación de los

efectos del cambio climático, para lo cual es fundamental comprender la composición del suelo y la relación entre la macrofauna y sus propiedades físicas. Este conocimiento es clave para impulsar iniciativas, como proyectos de inversión pública o privada, orientados a plantaciones comerciales, sistemas agroforestales y otras actividades similares. En consecuencia, la información generada en este estudio servirá como una línea base para proyectos de inversión pública y futuras investigaciones enfocadas en la restauración de ecosistemas forestales, tanto a nivel regional como nacional.

En consecuencia, se propone como hipótesis que existe una relación directa e indirecta entre la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades, ubicadas en la localidad de Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.

Objetivo general:

- Analizar la relación de la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *Guadua angustifolia* de tres edades, Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.

Objetivos específicos:

- Calcular la diversidad de especies de macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.
- Cuantificar la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.
- Determinar las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.
- Determinar la relación de la diversidad de macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Macrofauna del suelo

Los macroinvertebrados, visibles a simple vista y con tamaños que generalmente superan los dos milímetros, desempeñan un papel crucial en los ecosistemas del suelo. Estos organismos, que incluyen herbívoros, detritívoros y depredadores, participan activamente en la depredación de microorganismos, la modificación de la estructura del suelo, y la descomposición y mezcla de materia orgánica con el suelo (Burges, 1971; Porta et al., 1999; Coyne, 2000). Además, mejoran las propiedades físicas del suelo y contribuyen a definir el hábitat de otras comunidades biológicas (Brown et al., 2001).

Asimismo, la diversidad de especies de macrofauna edáfica se ve afectada significativamente por el tipo de uso del suelo. Según Huerta (2008), la disminución en el número de especies ocurre en monocultivos como el maíz o pastizales, donde la disponibilidad de materia orgánica, fósforo y nitrógeno total es limitada. Además, la presencia de rastrojo en la superficie del suelo, como señala Zerbino (1997), crea un ambiente favorable para la supervivencia y reproducción de insectos benéficos al regular la temperatura y humedad. En estudios realizados en la Amazonía central de Brasil, Brown et al. (2001) encontraron que la calidad de la hojarasca tiene un impacto mayor que su cantidad sobre la riqueza de especies de macrofauna.

2.1.2. Actividad de la macrofauna

La macrofauna del suelo, compuesta principalmente por artrópodos como los colémbolos, desempeña un papel crucial en el ciclaje de nutrientes y la descomposición de materia orgánica, influyendo en el ciclo global de nitrógeno, azufre, fósforo y carbono (Pankhurst et al., 1997). Los colémbolos, que habitan en los primeros centímetros del suelo, son esenciales para fragmentar la materia orgánica, aumentando su superficie expuesta. Las lombrices de tierra también juegan un rol vital al mezclar la materia orgánica con componentes minerales del suelo, contribuyendo significativamente a la estructura y fertilidad del suelo. Se estima que las lombrices pueden procesar hasta 34 toneladas de tierra por año, lo que demuestra su impacto en la dinámica del suelo (Blair et al., 1997).

2.1.3. Densidad y biomasa de la macrofauna

En condiciones de trópico húmedo de Costa Rica, Torres (1995) observó que la asociación de pastos de *Brachiaria brizantha* con *Arachis pintoi* duplicó la población de lombrices, alcanzando 371 individuos por metro cuadrado, en comparación con 195 individuos

por metro cuadrado en pastos de gramíneas solas. De manera similar, Sánchez et al. (2008) encontraron que la introducción de árboles en pastizales de Cuba aumentó la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo, lo que mejoró el contenido de nutrientes. Además, en México, el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en pastizales incrementó significativamente las poblaciones de macrofauna, pasando de 36,28 a 181,28 individuos por metro cuadrado, y su biomasa aumentó de 11,89 a 41,49 gramos por metro cuadrado (Rodríguez, 2008).

2.1.4. Diversidad de especies

El índice de Shannon-Weiner, utilizado para evaluar la biodiversidad, combina dos componentes fundamentales: la riqueza de especies (número de taxones presentes) y la equitatividad (distribución uniforme de individuos entre estas). Según Magurran (1988), un ecosistema con mayor cantidad de especies y una distribución equilibrada de individuos exhibirá valores más altos de diversidad, reflejando así una estructura comunitaria más compleja y estable. Por su parte, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2023) define la biodiversidad como la variedad de especies presentes en un ecosistema, región o país, destacando su relevancia en la evaluación de la salud ecológica y la capacidad de resiliencia ambiental.

2.1.5. Diversidad biológica

La biodiversidad, concepto central en ecología, se define como la variedad de formas de vida en todos los niveles de organización biológica, abarcando desde las moléculas de ADN hasta los ecosistemas complejos (Goodfellow y Slater, 1992; Kikkawa, 1990). Esta diversidad refleja la heterogeneidad intrínseca de los seres vivos, compuestos por unidades biológicas distintas (Burton, 1992). Asimismo, desde una perspectiva aplicada, el término se vincula estrechamente con la catalogación y preservación de especies, destacando su valor como patrimonio natural resultado de procesos evolutivos irrepetibles (Moreno y Halffter, 2001). Esta riqueza biológica, particularmente en flora y fauna, constituye un recurso de valor incalculable para la ciencia y la conservación (Vallejo y Aranda, s.a.).

2.1.6. Diversidad en ecosistemas

La diversificación de la vida en la tierra se ha logrado mediante la adaptación a diversos hábitats, formando parte integral de sistemas complejos de interacciones entre seres vivos y no vivos dentro de los ecosistemas. La diversidad de especies es, en realidad, un reflejo de la diversidad de ecosistemas, lo que implica que las especies no pueden considerarse de manera aislada del ecosistema en el que viven. Esta interconexión subraya la importancia ambiental de mantener la diversidad de ecosistemas para preservar la diversidad

de especies. De hecho, la destrucción de ecosistemas es una de las principales causas de la acelerada extinción de especies (Moreno y Halffter, 2001).

2.1.7. Tipos de diversidad

La clasificación de la diversidad biológica puede ser analizada a través de tres componentes principales: alfa, beta y gamma, los cuales corresponden a diferentes escalas espaciales y permiten comprender los patrones de variación de la biodiversidad en relación con la estructura del paisaje. Este marco conceptual, propuesto por Whittaker (1972), ha sido fundamental para estudiar la distribución de especies y los procesos ecológicos a nivel local, regional y global, proporcionando una base teórica esencial para la investigación y conservación de la biodiversidad.

2.1.7.1. Diversidad alfa (α)

La diversidad alfa se define como la riqueza de especies en un área o hábitat específico. Según Whittaker (1972), este concepto se refiere al número de especies presentes en una muestra territorial, mientras que Sugg (1996) lo describe como el número de especies adaptadas a un hábitat homogéneo, donde el tamaño del área influye directamente en la cantidad de especies, siguiendo la relación área-especie (a mayor área, mayor diversidad). Por otro lado, Halffter et al. (2005) destacan que la diferencia clave radica en lo que se mide: la riqueza de especies en un territorio determinado o la riqueza de especies dentro de una comunidad específica, lo que subraya la necesidad de precisar este concepto para su correcta aplicación en estudios ecológicos.

Del mismo modo, la diversidad alfa, que representa la riqueza de especies en un área específica, está influenciada por factores ambientales locales, interacciones poblacionales (como la competencia interespecífica) y procesos de colonización, recolonización y extinciones locales (Llorente y Morrone, 2001). Además, Moreno y Halffter (2001) destacan que esta diversidad resulta del equilibrio entre las dinámicas bióticas (competencia, depredación), factores abióticos y la inmigración de especies desde otras áreas, resaltando la complejidad de los procesos que la determinan.

2.1.8. Restauración de ecosistemas

La restauración de ecosistemas ha ganado reconocimiento global como una estrategia crucial para la conservación de la biodiversidad, la lucha contra la desertificación y la degradación del suelo, así como para mitigar los efectos del cambio climático antropogénico (Convenio de Diversidad Biológica [CDB], 2012). Además, la restauración a escala de paisaje representa un cambio significativo en la ciencia de la conservación, al centrarse en la gestión territorial integral en lugar de limitarse a las reservas protegidas. Este

enfoque busca maximizar el valor de los paisajes rurales para asegurar la persistencia de la biodiversidad, prevenir extinciones y proporcionar servicios ecosistémicos esenciales (Chazdon et al., 2009).

Asimismo, las intervenciones ambientales deben priorizar la mejora de las funciones ecológicas originales y evitar la reducción o conversión de hábitats naturales, asegurando así la integridad del ecosistema (Latawiec et al., 2015). Estas acciones no deben reemplazar la conservación ni legitimar la degradación de tierras o prácticas de explotación insostenibles. En paisajes modificados por la actividad humana, los bosques maduros y áreas con vegetación nativa casi prístina son fundamentales como reservorios de biodiversidad, proporcionando una fuente esencial para la colonización de sitios restaurables dentro de los paisajes agrícolas.

De igual forma, los esfuerzos para proteger la biodiversidad y promover el desarrollo sostenible incluyen acciones a nivel de paisaje que buscan recuperar y mantener la funcionalidad de los ecosistemas. Estas acciones deben: proteger y ampliar las áreas de vegetación nativa, incluidas las zonas protegidas, para reducir el efecto borde; mejorar la conectividad del paisaje mediante corredores ecológicos o trampolines entre áreas de vegetación natural; utilizar una amplia diversidad de especies, considerando su diversidad genética; complementar iniciativas para reducir la degradación y pérdida de hábitats, preservando así los remanentes de bosques maduros y otros hábitats casi prístinos; y aplicarse de manera ecológicamente adecuada, evitando prácticas como la reforestación en ecosistemas no forestales (Janishevski et al., 2015).

2.1.9. Taxonomía de *G. angustifolia*

En el mundo existen más de 1 681 especies de bambú (Clark, 2018) y en el Perú se reportan 37 especies y 8 géneros (Londoño, 2013) que comúnmente reciben el nombre de bambú.

Su taxonomía se representa de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Monocotyledoneae
Orden	: Glumiflorales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Bambusoideae
Tribu	: bambusodae

Subtribu	:	Bambuseae
Género	:	<i>Guadua</i>
Especie	:	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth

2.2. Estado del arte

2.2.1. A nivel internacional

Botina et al. (2012) en “Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (solanales: solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima” concluyen que el estudio demuestra que la labranza del suelo ejerce un efecto negativo sobre la diversidad de este; que la utilización de estrategias que minimicen la manipulación de este, son esenciales para la conservación de la biota edáfica. Asimismo, los resultados del presente estudio demuestran que la biomasa, especialmente de Haplotaxida, es una potencial herramienta bioindicadora para evaluar el impacto del manejo del suelo sobre la comunidad edáfica.

Triana et al. (2015) en “La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasilera” concluyen que a pesar de que los bosques ribereños de los ríos Pepital y Grande (Alcântara - MA) se encuentran severamente degradados, Pepital presenta un mejor estado de conservación. La comunidad total de la macrofauna del suelo tuvo influencia negativa de la degradación. Oligochaeta, Opilionida, Isopoda y Gastropoda son los grupos que podrían ser considerados potenciales indicadores de degradación, los cuales podrían ser usados para el monitoreo de la restauración de estos ecosistemas. Finalmente, el presente trabajo demostró que la pérdida del componente vegetal influye en la abundancia, riqueza y composición de la comunidad total de macroinvertebrados del suelo, confirmando su eficiencia bioindicadora. Nuestros resultados pueden servir de alerta para evitar que más bosques ribereños sean perdidos junto al componente biológico y los servicios ambientales que sustentan.

Anchundia (2015) en “Diversidad de la macrofauna del suelo en dos sistemas de producción de banano y plátano en la zona de el Carmen y La Mana” concluye que la recolección de artrópodos en las dos localidades estuvo influenciada por el tipo de trampa (de caída y cromática) y el sistema de producción (monocultivo y agrosistema) en el que se establecieron. Asimismo, de la clase Hexápoda, los órdenes que presentaron mayores poblaciones fueron Collembola e Hymenóptera con 1 110 y 1 888 especímenes, debido a la abundancia y distribución que presentaron. Además, dentro del orden Hymenoptera, las hormigas (Familia Formicidae) dominó en todos los tratamientos, tanto en su abundancia como en su distribución en las localidades en estudio, especialmente en ecosistemas con desequilibrio ecológico. De los sistemas de producción del estudio, el agro sistema también tuvo una mayor

presencia de macrofauna desde el suelo, donde el orden más ventajoso fue el 54 % de la Collembola, dándonos un modelo, diciendo que este orden está relacionado con la calidad del suelo. Finalmente, el orden que mostró menos abundancia fue ortóptera con 0,74 % en dos ubicaciones probadas.

Montenegro et al. (2017) destacan que, en la microcuenca de Tomabú, la diversidad de macrofauna es superior en los sistemas de bosque en comparación con los sistemas de producción pecuaria, aunque los análisis estadísticos no revelaron diferencias significativas. Este hallazgo se asocia con las características del suelo, especialmente el pH y la materia orgánica. Sin embargo, el sistema silvopastoril mostró una mayor riqueza taxonómica, con un mayor número de órdenes identificados y una mayor abundancia de individuos. Además, el pH fue crucial para la diversidad de poblaciones, mientras que el cobre y el fósforo incidieron en la abundancia de macrofauna en los tres sistemas estudiados.

Arias (2021) analizó la taxonomía de artrópodos en suelos de cultivos de cacao en Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas, identificando 7 clases, 18 órdenes y 21 familias. Se encontró un mayor número de macroinvertebrados en Santo Domingo (176 individuos) en comparación con Esmeraldas (162 individuos). La clase Insecta predominó con el 55,5 % de los órdenes. La mayor cantidad de invertebrados se halló entre 0-10 cm de profundidad, con Crassiclitellata representando el 51,14 % en Santo Domingo y 44,4 % en Esmeraldas, mientras que a 10-30 cm las poblaciones fueron casi nulas. La biodiversidad fue baja, con índices de Shannon-Weaver de 1,89 y 1,91, respectivamente. La similitud de especies entre localidades fue del 70,5 % ($J = 0,705$), y la mayor similitud entre estratos fue del 30 % entre 0-10 cm y 10-20 cm.

2.2.2. A nivel nacional

Solano (2016) destacó que la gestión del suelo tiene un impacto directo en su calidad, particularmente a través de la cantidad de materia orgánica, y que la biodiversidad edáfica actúa como un indicador clave de la calidad y sostenibilidad del suelo. En zonas de altitud baja y media, su investigación reveló que la gestión del suelo afectó significativamente la macrofauna. Los suelos de bosques y pastos menos alterados presentaron una mayor biodiversidad y riqueza en comparación con aquellos sometidos a prácticas agrícolas intensivas.

Sánchez (2018) identificó 16 órdenes de macroinvertebrados por metro cuadrado en cuatro sistemas de uso del suelo. Los Hymenoptera fueron el grupo más abundante, con 731 individuos por metro cuadrado, seguidos por los Coleoptera (295 ind/m²) y los Isoptera (289 ind/m²). En cuanto a la biomasa, el pastizal presentó la mayor cantidad (20,26 g/m²), seguido del sistema agroforestal (11,06 g/m²), el monocultivo (7,99 g/m²) y el bosque (5,68

g/m²). La mayor densidad de macrofauna se encontró en el sistema agroforestal (414,5 ind/m²), mientras que el bosque tuvo la menor (65,25 ind/m²). En términos de diversidad, el pastizal obtuvo el índice más alto (1,62), y el bosque el más bajo (1,48).

Quintana (2018), demuestra que la aplicación de pulpa de café incrementa significativamente la presencia de macrofauna en los cultivos de café, observándose un aumento notable en especies de los órdenes Hymenoptera y Haplotaxida. Estos resultados resaltan el potencial de la pulpa de café como recurso para mejorar la biodiversidad del suelo en sistemas agrícolas.

Santa Cruz y Burga (2019) concluyen que la presencia de macrofauna es un bioindicador de la calidad del suelo en cultivos de arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista. Según sus resultados, el suelo sin cultivo de arroz presenta una mayor abundancia y diversidad de macrofauna edáfica (H: 1,51) en comparación con los suelos cultivados con arroz (H: 0,69). Esta mayor diversidad en suelos sin cultivo sugiere un mayor grado de calidad del suelo, lo que resalta el impacto negativo del cultivo de arroz sobre la biodiversidad edáfica y la salud del suelo.

Zavaleta (2019) realizó un estudio exhaustivo sobre la macrofauna edáfica, identificando 9,257 individuos distribuidos en 20 grupos taxonómicos. Los grupos más prominentes fueron Formicidae, Isoptera y Oligochaeta, que conjuntamente representaron el 93% del total de grupos. Los grupos menos abundantes incluyeron Araneae, Chilopoda, larvas de Coleoptera, Heteroptera, Homoptera y Thysanura. Además, Zavaleta encontró que los suelos con alta y media materia orgánica presentaron una mayor abundancia y densidad de macrofauna, destacando a los "ingenieros del suelo" como Formicidae, Isoptera y Oligochaeta, así como a depredadores y herbívoros específicos. En suelos con baja disponibilidad de calcio, magnesio y potasio, los detritívoros fueron más comunes, mientras que en suelos con baja materia orgánica, predominaron los depredadores como Araneae. Finalmente, se observó una baja diversidad y poca uniformidad en la distribución de los grupos taxonómicos en las fincas estudiadas.

2.2.3. A nivel local

Chanta (2010) destacó que la diversidad de macroinvertebrados fue más alta durante la etapa de cosecha, particularmente en el sistema Maní forrajero-Frejol palo-Sacha inchi, que presentó 13 especies y un índice de diversidad de 1,8 bits por individuo, junto con una alta equidad de 0,7 a nivel de hojarasca. En comparación, las parcelas testigo Macorillarabo de zorro mostraron solo 3 especies con un índice de diversidad de 1 bit por individuo y una equidad de 1 a nivel de 0-10 cm. Además, encontró que los valores de densidad y biomasa

fueron notablemente superiores en el sistema Maní forrajero-Frejol palo-Sacha inchi, con 1,456 individuos por metro cuadrado y 15,28 gramos por metro cuadrado a nivel de hojarasca, y en el sistema Maní forrajero-Guaba-Sacha inchi, con 1,744 individuos por metro cuadrado y 267,57 gramos por metro cuadrado a nivel de 0-10 cm.

Panduro (2013) destacó que la densidad, diversidad y biomasa de la macrofauna del suelo variaron considerablemente según el uso del suelo y la profundidad, con valores más elevados en el estrato superficial. En su estudio, el pastizal presentó la mayor densidad y biomasa, mientras que el sistema con bambú mostró los valores más bajos. En los primeros 10 cm de profundidad, el pastizal tuvo la mayor densidad, seguido de la plantación de cacao. La diversidad fue significativamente mayor en suelos con cacao, con un índice de Shannon de 1,76, en comparación con los pastizales, que tuvieron un índice de 0,48. Además, se identificaron 15 grupos taxonómicos, con Hymenoptera y Coleoptera presentes en todos los sistemas estudiados.

Sagawa (2014) encontró que los sistemas agroforestales, como el de café con sombra de bosque (SAC) y el de cultivo anuales con cultivos permanentes (SA), mostraron altas densidades y biomasa de macroinvertebrados del suelo. En su estudio, los grupos Haplotaxida e Isópoda fueron comunes en todos los sistemas de uso del suelo evaluados. En el Bosque Primario (BP), Haplotaxida fueron los más abundantes, mientras que en el Sistema Agroforestal con cultivos (SA), las Isópoda predominaron. La distribución vertical de los macroinvertebrados reveló que la mayoría se encontraban en el estrato superficial (0-5 cm) en los cuatro sistemas. Además, Sagawa encontró que los Haplotaxida fueron prominentes tanto en el Bosque Primario como en el Sistema Agroforestal con cultivos, mientras que los saprófagos y depredadores fueron más comunes en el Bosque Secundario.

Tuesta (2015) demostró que el cultivo de cacao presentó la mayor densidad de macrofauna del suelo, con 899 individuos por metro cuadrado, seguido por el maíz y el bosque secundario. La biomasa fue significativamente mayor en cacao, con 18,55 gramos por metro cuadrado, en comparación con el cultivo de cocona, que tuvo la menor biomasa. La macrofauna se concentró principalmente en la hojarasca y los primeros 10 cm de suelo, siendo el cacao el que mostró el mayor porcentaje en este estrato. Los grupos más abundantes fueron Oligochaeta, Isoptera y Formicidae. Además, Tuesta encontró que el bosque secundario presentó la mayor diversidad y equidad, mientras que el maíz tuvo los valores más bajos en estos indicadores.

Daza (2019) constató que en el sistema agroforestal que combina *Theobroma cacao* y *Guazuma crinita*, la riqueza específica presentó una relación funcional entre el número total de especies y el número total de individuos. Las especies más prominentes fueron *Oligochaeta*, seguidas de *Diplopoda*, y en menor medida, *Isóptera*, todas ellas a una profundidad de 0 a 10 cm. Además, Daza encontró que la diversidad de macrofauna fue baja según el índice de Shannon-Wiener, mientras que el índice de Simpson indicó un dominio significativo. El índice de Margalef confirmó la relación funcional entre el número total de especies y el número total de individuos, lo que sugiere una estructura comunitaria específica en este sistema agroforestal.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en tres plantaciones de *G. angustifolia*, de diferentes edades en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.1. Ubicación geográfica y política

Las coordenadas UTM de las áreas donde se llevaron a cabo las evaluaciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS de las plantaciones

Parcela	Vértices	Coordenadas	
		Este	Norte
Plantación de 5 años	1	385145	8991457
	2	385119	8991435
	3	385162	8991406
	4	385181	8991425
Plantación de 2 años	1	385061	8991431
	2	385079	8991461
	3	385119	8991435
	4	385162	8991406
	5	385142	8991379
	6	385130	8991379
Plantación de 1,5 años	1	385104	8991346
	2	385023	8991405
	3	384964	8991324
	4	385045	8991265

3.1.2. Ubicación política

El área objeto de estudio está situada políticamente en el distrito de Pueblo Nuevo, que forma parte de la provincia de Leoncio Prado, en el departamento de Huánuco (Figura 1).

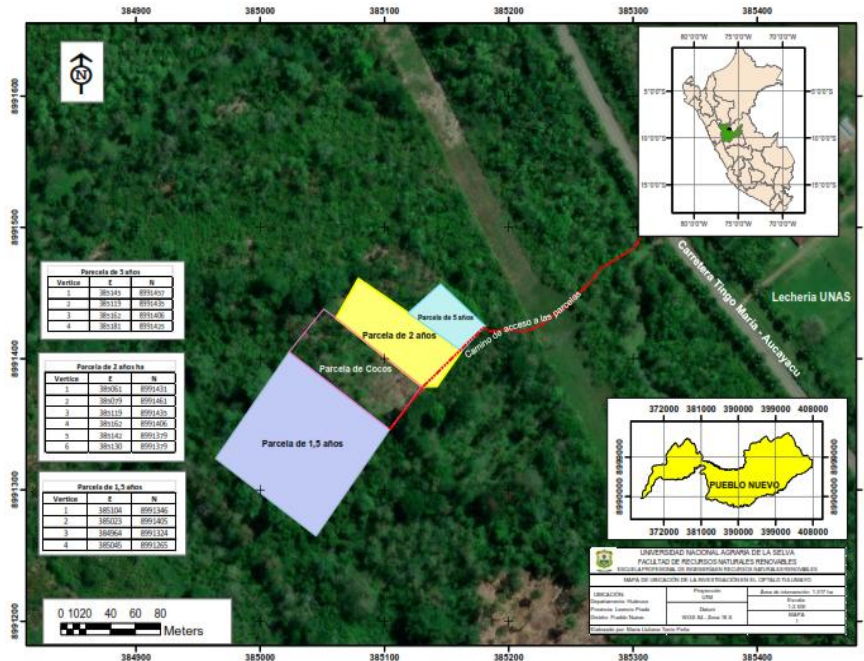


Figura 1. Mapa de ubicación de la investigación

3.1.3. Formación ecológica

De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987), el distrito de Pueblo Nuevo se ubica dentro de la categoría de bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), lo que refleja su posición en el diagrama bioclimático correspondiente.

3.1.4. Clima

La capital del distrito de Pueblo Nuevo presenta un clima tropical cálido, con una temperatura mínima de 17 °C y una máxima de 32 °C. La humedad relativa es del 87 % en promedio. La precipitación anual es significativa, con un promedio de 2 500 mm, lo que indica un clima constante y cálido a lo largo del año, según los registros de la Estación Meteorológica UNAS – Tulumayo (2022).

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

El conjunto de materiales utilizado comprendió plumones indelebles, lápices, lapiceros, tablero de madera, formatos para la recolección de datos de campo, placas Petri, alcohol al 70 %, regla milimétrica y bolsas ziploc, entre otros. Se emplearon herramientas manuales como pala recta y machete. Los análisis de laboratorio se realizaron utilizando los equipos disponibles en los laboratorios, incluyendo aquellos destinados a análisis físico-químicos. Además, se utilizaron una cámara digital de alta resolución y otros dispositivos

necesarios para las evaluaciones de campo, así como un laptop para el procesamiento de datos en gabinete.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Cálculo de la diversidad de especies de macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades

Para la recolección de muestras en las parcelas con plantación de *G. angustifolia* en Tulumayo, se adoptó la metodología del Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) desarrollada por Anderson e Ingram (1993). Esta metodología consiste en la creación de monolitos de suelo de 25 cm x 25 cm x 30 cm, que permiten un análisis detallado del suelo.

Las muestras se recolectaron en cada parcela según lo descrito en la Tabla 3. El tamaño mínimo de los macroinvertebrados recolectados fue \geq a 2 mm, incluyendo Anélida (lombrices), Coleóptera (escarabajos), Hymenóptera-Formicidae (hormigas), Isóptera (termitas), así como estados adultos e inmaduros de otros artrópodos edáficos (Lavalle, 1996; Correia y Oliveira, 2000). Además, se incluyeron otros grupos como mil pies, cien pies y arañas.

El proceso de extracción de macrofauna en cada monolito se detalla en los siguientes pasos:

- En cada punto de muestreo, se estableció un cuadrado de suelo de 25 cm por lado y 30 cm de profundidad para la recolección de muestras (Figura 2).
- Con ayuda de una pala recta, se excavó cada profundidad para extraer los macroinvertebrados mayores a 2 mm. La tierra recolectada se extendió sobre una manta negra limpia colocada sobre el suelo. Con la colaboración de varias personas, se capturaron y contaron los individuos, que luego se depositaron en envases de vidrio con alcohol al 70 % para cada estrato descrito en la Figura 2.
- Una vez preparadas, las muestras fueron selladas y codificadas, y posteriormente transportadas al laboratorio de Entomología de la UNAS, donde fueron identificadas por el experto designado.

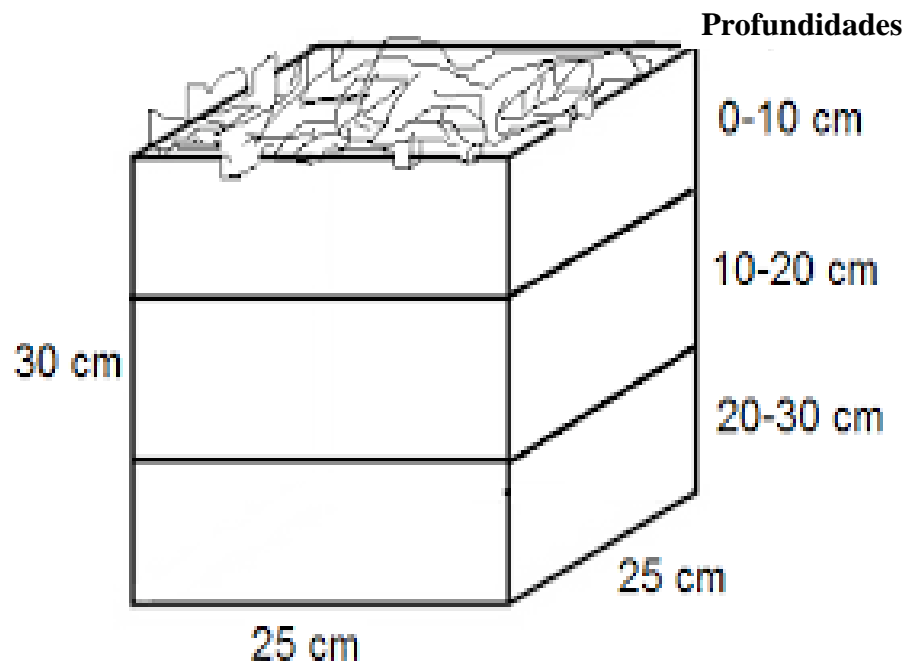


Figura 2. Esquema del monolito para el muestreo.

Diversidad alfa (α)

Los índices de diversidad alfa se determinaron mediante la aplicación de los métodos de Margalef (riqueza de especies), Shannon-Wiener (diversidad específica), Simpson (dominancia) y Equidad de Pielou (uniformidad). Estos cálculos siguieron las metodologías establecidas por autores como Shannon (1948), Ares (1971), Krebs (1978), Hair (1987), Magurran (1991, 1998, 2004), Mostacedo y Fredericksen (2000), Moreno (2001) y Feisinger (2003), utilizando las ecuaciones propuestas en sus trabajos fundamentales:

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)} \quad (1)$$

$$H' = \sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i) \quad (2)$$

$$D = \sum \left(\frac{n_i^2}{N^2} \right) = \sum (P_i)^2 \quad (3)$$

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (4)$$

Dónde:

- S : número de especies presentes
- N : número total de individuos
- n_i : número de individuos de la especie i
- p_i : proporción de individuos de la especie i
- D : Índice de dominancia de Simpson
- J' : Índice de equidad de Pielou
- H'_{max} : $\ln S$

Tabla 2. Rango de valores de los índices de diversidad alfa.

Índices de Diversidad α	Rango	Descripción
Margalef (Dmg)	2 a 5	Dónde 2 es baja y 5 es alta
Shannon-Wiener (H')	2 a 3	Dónde 2 es baja y 3 es alta
Simpson (D)	0 a 1	Cuanto más cerca esté el valor del índice de la unidad, mayor será la probabilidad de que una especie o grupo domine; cuanto más cercano a cero esté el valor del índice, mayor será la biodiversidad del hábitat.
Equidad de Pielou (J')	0 a 1	Dónde 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes

Diversidad beta (β)

El coeficiente de Jaccard se aplicó para evaluar la similitud en la composición de especies entre sitios, siguiendo las metodologías descritas por Magurran (1988) y Polo (2008). Este índice oscila entre 0 (ninguna especie compartida) y 1 (composición idéntica), calculado mediante la fórmula:

$$I_J = \frac{c}{a+b-c} \quad (5)$$

Dónde:

- a : Número de especies presentes en el sitio A
- b : Número de especies presentes en el sitio B
- c : Número de especies presentes en el sitio A y B

3.2.2.2. Cuantificación de la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades

La densidad se estimó utilizando un cuadrante de muestreo de 0.25×0.25 m (0.0625 m² o $1/16$ m²). Los valores registrados en cada unidad muestral se multiplicaron por un factor de 16 para expresar los resultados en individuos por metro cuadrado (ind/m²), siguiendo la metodología propuesta por Correia y Olivera (2000). De manera similar, para calcular la biomasa, los pesos obtenidos se multiplicaron por un factor de 16 para expresar los resultados en unidades por metro cuadrado, siguiendo la metodología propuesta por Correia y Olivera (2000).

3.2.2.3. Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades

Para cumplir los objetivos del estudio, se recolectaron muestras de suelo superficial (0-30 cm de profundidad) en cada parcela, preferiblemente en los monolitos

tras el muestreo de macrofauna. Estas muestras fueron sometidas a análisis de laboratorio para evaluar:

Propiedades físicas:

- Textura
- Estructura
- Color

Propiedades químicas:

- pH
- Conductividad eléctrica (CE)
- Materia orgánica (MO)
- Nitrógeno total (N)
- Carbono orgánico (C)
- Fósforo disponible (P)
- Óxido de potasio (K₂O)
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
- Calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), potasio (K⁺) y sodio (Na⁺)

Los análisis se realizaron siguiendo metodologías estandarizadas para suelos agrícolas, incluyendo los protocolos de Doran y Lincoln (1999) para parámetros microbiológicos, Moscatelli (2000) para caracterización física, y Acevedo et al. (2000) para propiedades químicas.

3.2.2.4. Determinación de la relación de la diversidad de macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades

Para establecer la relación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo, se emplearon modelos matemáticos basados en la metodología de Calzada (1964). Estos modelos permitieron analizar cómo las variables edáficas influyen en la dinámica de la macrofauna, contribuyendo así a una comprensión más profunda de los ecosistemas estudiados.

Ecuación de regresión:

$$Y_i = a + bX_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

Coefficiente de correlación:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (7)$$

Por la naturaleza de los datos cuantitativos, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, denotado como r , oscila entre -1 y $+1$, lo que indica la fuerza y dirección de la relación lineal entre dos variables continuas (Hernández et al., 2006). Un valor de $r = -1$ representa una correlación negativa perfecta, $r = 1$ una correlación positiva perfecta, y $r = 0$ sugiere la ausencia de una relación lineal entre las variables.

3.2.2.5. Tipo de investigación

El enfoque metodológico de este estudio se basó en un diseño hipotético-deductivo y aplicado, integrando disciplinas como biología, entomología, taxonomía, ciencia del suelo y ecología para analizar la relación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *Guadua angustifolia* de tres edades. Este enfoque se sustenta en los marcos teóricos desarrollados por Murillo (2008) y Valderrama (2013), quienes han contribuido significativamente a la comprensión de las interacciones entre la macrofauna y el suelo en ecosistemas similares.

3.2.2.6. Nivel de investigación

El diseño del estudio fue descriptivo-correlacional, ya que se establecieron relaciones entre las especies de macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *Guadua angustifolia* de tres edades. Este enfoque se basó en el marco teórico desarrollado por Sánchez (1984), quien ha contribuido significativamente a la comprensión de las interacciones entre variables ecológicas en estudios similares.

3.2.2.7. Tipo de diseño de investigación

El diseño de investigación fue no experimental, de tipo correlacional longitudinal, ya que los datos se recolectaron en al menos dos momentos específicos, con un intervalo de seis meses entre ellos (uno al inicio y otro al final del estudio). Además, se elaboró un mapa que ubicaba los puntos de muestreo dentro de cada parcela con plantaciones de *Guadua angustifolia*. Este enfoque se basó en el marco teórico desarrollado por Hernández et al. (2004), quienes han contribuido significativamente a la comprensión de las relaciones temporales entre variables en estudios similares.

3.2.2.8. Población

Fue 1,517 ha que es la suma de las tres áreas de las parcelas con plantación de *G. angustifolia* en Tulumayo (Figura 1).

3.2.2.9. Muestra

Para la determinación de la macrofauna, se hizo de tal manera que sea representativa al área de las parcelas con las plantaciones de *G. angustifolia*, la obtención de las muestras se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Dónde:

Z = Nivel de confianza (correspondiente con la tabla de valores de Z) 1,96 para 0,05

S² = Variancia obtenida de revisión bibliográfica o muestra piloto (0,3)

E = Error de estimación máximo aceptado (25 %)

n = Tamaño de la muestra

El estudio se basó en el concepto de que una muestra debe ser un subgrupo representativo de la población, según lo establecido por Hernández et al. (2004). Esto implica que la muestra debe reflejar las características esenciales de la población total, permitiendo hacer inferencias estadísticas válidas sobre ella (Tabla 3).

Tabla 3. Número de muestras por cada parcela.

Plantación	Parámetros Poblacionales	Muestra (Monolitos a evaluar)
Plantación de 5 años	E = 0,25 y S ² = 0,5	6
Plantación de 2 años	E = 0,20 y S ² = 0,3	9
Plantación de 1,5 años	E = 0,15 y S ² = 0,3	16

La distribución de las muestras en cada parcela fue por conveniencia tratando de cubrir todo el área de cada una de las parcelas.

3.2.2.10. Variables de la investigación

Para el presente estudio se consideró las siguientes variables:

Tabla 4. Variables e indicadores

Variables	Indicadores	Subindicadores
Macrofauna del suelo	Diversidad	Individuos ≥ 2 mm Diversidad alfa (α): Diversidad beta (β):
Propiedades físicas y químicas del suelo	- Textura	- %
	- pH	- Ppm
	- Conductividad eléctrica	- Cmol(+)/kg
	- Materia orgánica	
	- Fosforo	
	- Potasio	
	- Proporción de absorción de sodio	
	- Carbonatos totales y caliza activa	
	- Capacidad de intercambio catiónico	

3.2.2.11. Técnicas de recolección de información

Se emplearon formatos estandarizados para la recolección de datos de campo, acorde con la metodología establecida para este tipo de investigación. Además, se aplicó la técnica de observación directa para el registro sistemático de la información en el entorno de estudio.

3.2.2.12. Análisis estadístico

Se emplearon análisis estadísticos paramétricos y no paramétricos, así como métodos descriptivos y correlacionales para el procesamiento de los datos, los cuales fueron presentados en tablas y representaciones gráficas. La fundamentación teórica se basó en los estudios de Rendón et al. (2016) y Hernández y Mendoza (2018). Para la contrastación de la hipótesis, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (“r”), con un nivel de confianza del 95 % y un nivel de significancia de $\alpha=0,05$, lo que implica un 5 % de probabilidad de error.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diversidad de especies de macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú

4.1.1. Especies y abundancia

Se encontró en la primera evaluación 819 individuos contenidos en 23 especies y familias, algunos como larvas y huevos. Para el caso, la parcela 1 corresponde a la plantación de cinco años, la 2 a dos años y la 3 a año y medio. La mayor abundancia mostrada en las tres áreas evaluadas corresponde a *Lumbricus terrestris*. Nuestro estudio encontró individuos de las subclases y ordenes descritos, similares a los reportados por Triana et al. (2015), deduciendo según los hallazgos del investigador que las parcelas se encuentran en recuperación producto del manejo de las plantaciones de *G. angustifolia*.

A su vez, Anchudia (2015) encontró que Collembola e Hymenóptera presentaron las mayores poblaciones en ecosistemas con desequilibrio ecológico (perturbaciones y degradación del suelo). Pero el agroecosistema tuvo mayor presencia de macrofauna del suelo, siendo Collembola el más diverso y abundante con un 54 % del total, refiriendo que este orden está asociado a la calidad de los suelos. Nuestro estudio encontró que *Lumbricus terrestris* fue la especie más abundante en las tres parcelas de investigación y a una profundidad de 0 a 10 cm, no pudiéndose determinar las causas debido al objetivo del estudio. Por su parte, Montenegro et al. (2017) encontró que el bosque fue más diverso y abundante en macrofauna del suelo comparado con los otros sistemas, siendo sin embargo no significativas según el análisis estadístico realizado, relacionándose con las propiedades químicas del suelo.

Por otro lado, en cuanto a macrofauna del suelo evaluada en plantaciones de cacao por Arias (2021) encontrando que el estrato de 0 a 10 cm mostró mayor abundancia de invertebrados, influenciado por el orden Crassicitellata (lombrices de tierra) representando el 51,1 % de todos los individuos registrados. En nuestro estudio se encontró que *Lumbricus terrestris* del orden Crassicitellata y la Subclase Oligochaeta, mostró un promedio entre las tres parcelas evaluadas de 0 a 10 cm del 90 %, muy superior a lo encontrado por el investigador.

Solano (2016) identificó una relación significativa entre la macrofauna del suelo y la salud biológica del paisaje. Los resultados del estudio indican que la gestión del suelo debe considerar la calidad de sus componentes, con énfasis en la cantidad de materia orgánica, así como los efectos beneficiosos que la macrofauna puede aportar a la dinámica edáfica y la sostenibilidad del ecosistema (Tabla 5).

Tabla 5. Macrofauna del suelo por parcela y profundidad en la primera evaluación.

Familia/especies	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Adulto de Blatellidae					1				
Adulto de Chrysomelidae				1	1				
Adulto de Coccinellidae							1		
Adulto de Curculionidae			1			2			
Adulto de Formicidae	2	1	1	1			2	2	
Adulto de Lycosidae				1				1	
Adulto de Membracidae							1		
Adulto de Reduviidae									1
Adulto de Scarabaeidae							3	1	1
Adulto de Scarabeidae							2		
Adulto de Staphylinidae		1							
Adulto de Aracneidae						1			
Adulto de Helicidae (caracol)				1					
Adulto de Oniscidea (Chanchito de humedad)						4			
Huevo de Lumbricidae (<i>Lumbricus terrestris</i>)	5	1		4	6	2	20	16	1
Larva de Elateridae				1		1		3	
Larva de Scarabaeidae	4			2	4		3	1	
Adulto de Lumbricidae (<i>Lumbricus terrestris</i>)	127	4	1	150	68	31	248	44	25
Adulto de Julidae (Milípedo)							1		
Adulto Steinernematidae (Nemátodos)					2				
Ninfa de Cercopidae	1								
Adulto de Porcellionidae (<i>Porcelio laevis</i>)	1	2		2	1	1	1		
Adulto de Theridiidae (Arañas enteleginos)						1			

*P1= Profundidad 0 a 10, P2= 10 a 20 y P3= 20 a 30 cm.

La segunda evaluación reveló 851 individuos contenidos en 25 especies y familias, algunos como larvas y huevos. Como en la primera evaluación, la mayor abundancia mostrada en las tres áreas evaluadas corresponde a *Lumbricus terrestris* con un promedio en las tres parcelas a una profundidad de 0 a 10 cm del 90,27 % ligeramente superior a la primera evaluación. Estos resultados son análogamente a la primera evaluación y a lo encontrado y comparado con Triana et al. (2015), Anchudia (2015), Arias (2021) y Solano (2016).

Sin embargo, Sánchez (2018) en su estudio de cuatro sistemas de uso pastizal, agroforestal, monocultivo y bosque protegido, encontró la mayor cantidad de macrofauna en el sistema agroforestal. En nuestro caso las plantaciones de *G. angustifolia* muestran una gran cantidad de macrofauna, siendo *L. terrestris* la especie más abundante en las tres parcelas evaluadas. Además, Santa Cruz y Burga (2019) demostraron que la macrofauna

edáfica es un bioindicador de la calidad del suelo, siendo que los suelos sin el cultivo de arroz mostraron una mayor presencia de macrofauna edáfica que con la presencia del cultivo. Contrariamente, Panduro (2013) encontró que el pastizal tenía la mayor cantidad de macrofauna. Y nuestro estudio, con las plantaciones de *G. angustifolia* demostraron que la macrofauna incremento con respecto a la segunda evaluación, mostrándose superior a las investigaciones citadas (Tabla 6).

Tabla 6. Macrofauna del suelo por parcela y profundidad en la segunda evaluación.

Familia/especies	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Adulto de Phoridae (Moscas pequeñas y jorobadas)								1	
Adulto de Carabidae (escarabajos bombarderos)							2		
Adulto de Chrysomelidae (escarabajos de las hojas)								1	
Adulto de Blaberidae (cucaracha de tierra)							1		
Adulto de Formicidae (Hormigas)	2	1		1			7	1	
Adulto de Lygaeidae (Himenópteros)							1		
Adulto de Otitidae (moscas pequeñas)							1		
Adulto de Scarabaeidae							3	1	
Adulto de Staphylinidae		1							
Adulto de Tenebrionidae								1	
Adulto de Termitidae				1					
Adulto de Forficulidae (tijereta)							1		
Adulto de Aracneidae				1					
Adulto de Salticidae (araña saltarina)				1					
Adulto de Scolopendridae (Escolopendra o ciempiés)							1		
Huevo de Lumbricidae (<i>Lumbricus terrestris</i>)	5	1		4	6	1	20	16	1
Larva de Curculionidae (eruciforme)				2					
Larva de Scarabaeidae (Phyllophaga)	4			1	4		1	1	
Adulto de Lumbricidae (<i>Lumbricus terrestris</i>)	137	4	1	144	71	28	287	54	19
Adulto de Julidae (Milípedo)							1		
Adulto de Porcellionidae (<i>Porcelio laevis</i>)	2	2		2	1		1		

*P1= Profundidad de 0-10 cm, P2= 10-20 cm y P3= 20-30 cm.

4.1.2. Diversidad alfa (α)

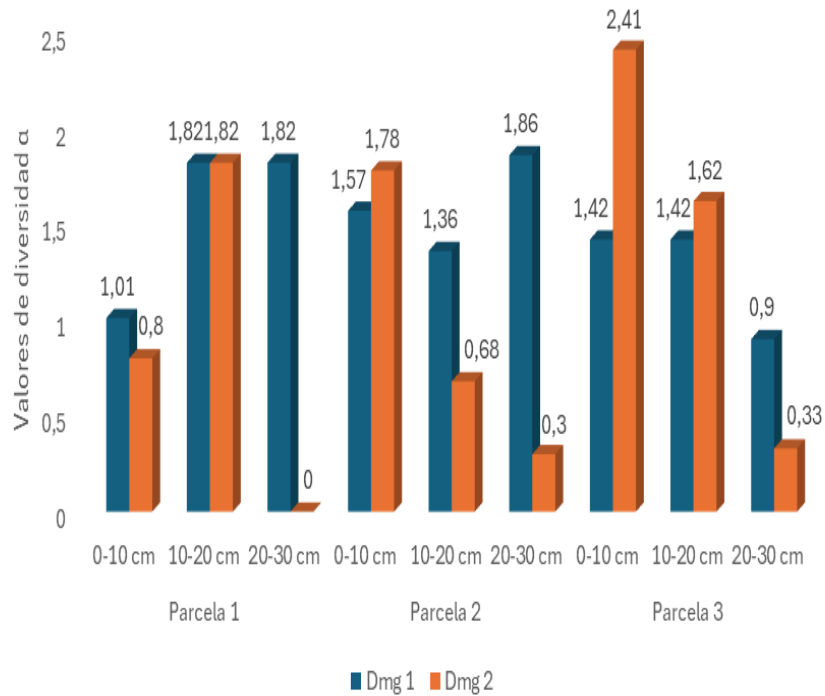
Los promedios de diversidad alfa entre la primera y segunda evaluación muestran poca diversidad con Margalef y Shannon-Wiener, debido a que en ninguna de las parcelas y profundidades evaluadas superaron el valor de dos, con excepción de 2,41 que sería una diversidad media en la parcela 3 a una profundidad de 0-10 cm durante la segunda evaluación. En cuanto a Simpson podemos decir que el promedio de las parcelas y profundidades son diversamente heterogéneas debido a que los valores encontrados no superan el 0,5 con excepción de la primera evaluación en las profundidades de 10-20 y 20-30 cm de la parcela 1, donde los valores mostraban homogeneidad. En cuanto a la equidad evaluada con Pielou, podemos afirmar que existen especies abundantes pero sin equidad, debido a que los promedios encontrados no superan el 0,55 con excepción en las profundidades de 10-20 y 20-30 cm de la parcela 1 en la primera evaluación, donde mostraba especies abundantes y con equidad completa.

En este sentido, Arias (2021) encontró una baja diversidad en los cultivos de cacao, evaluada mediante el índice de Shannon-Wiener. Sin embargo, al aplicar el índice de Pielou, se observó que ambas áreas comparten el 70,5 % de las especies. En comparación con nuestro estudio, el índice de Shannon-Wiener también presenta valores bajos, lo que sugiere que son similares. No obstante, el índice de Pielou es inferior en nuestro análisis, lo que indica que las parcelas no son comparables. Sin embargo, Sánchez (2018) encontró una mayor diversidad en el sistema pastizal, ligeramente inferior en agroforestal y bastante menor en el bosque protegido. De igual forma, Santa Cruz y Burga (2019) encontraron una diversidad de Shannon-Wiener en áreas sin cultivo de arroz de 1,51 que es baja, pero bastante mayor a áreas con el cultivo de arroz.

Asimismo, Chanta (2010) encontró una diversidad de 1,8 bits/ind. Dentro del sistema de cultivo Maní forrajero – Frijol palo – Sacha inchi., lo cual se considera bajo según el índice de Shannon-Wiener; sin embargo, mostró una equidad de 0,7, lo que indica una cercanía hacia especies abundantes y una equidad completa. Por otro lado, Panduro (2013) reportó un valor de 1,76 nats/ind. en el índice de Shannon-Wiener, lo que también sugiere una baja diversidad en las plantaciones de cacao, siendo aún menor en suelos con pasto. No obstante, Tuesta (2015) encontró una diversidad media en la macrofauna del suelo del bosque secundario con 2,25 y una equidad de Pielou, bastante alto comparado con los resultados de nuestro estudio. Finalmente, Daza (2019) también encontró una diversidad baja con Shannon-Wiener (Tabla 7) (Figura 3) (Figura 4) (Figura 5) (Figura 6).

Tabla 7. Diversidad α de las parcelas por profundidad en las dos evaluaciones.

Parcelas	Profundidad	Dmg 1	Dmg 2	H' 1	H' 1	D 1	D 2	J' 1	J' 2
1	0-10 cm	1,01	0,80	0,46	0,42	0,18	0,16	0,26	0,26
1	10-20 cm	1,82	1,82	1,65	1,65	0,81	0,81	1,03	1,03
1	20-30 cm	1,82	0,00	1,43	0,00	1,00	0,00	1,30	0,00
2	0-10 cm	1,57	1,78	0,46	0,48	0,15	0,16	0,21	0,21
2	10-20 cm	1,36	0,68	0,79	0,54	0,32	0,25	0,40	0,39
2	20-30 cm	1,86	0,30	1,17	0,17	0,48	0,07	0,56	0,24
3	0-10 cm	1,42	2,41	0,56	0,62	0,22	0,23	0,24	0,23
3	10-20 cm	1,42	1,62	1,09	0,96	0,53	0,46	0,56	0,46
3	20-30 cm	0,90	0,33	0,51	0,22	0,21	0,10	0,37	0,32

**Figura 3.** Diversidad de Margalef en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.

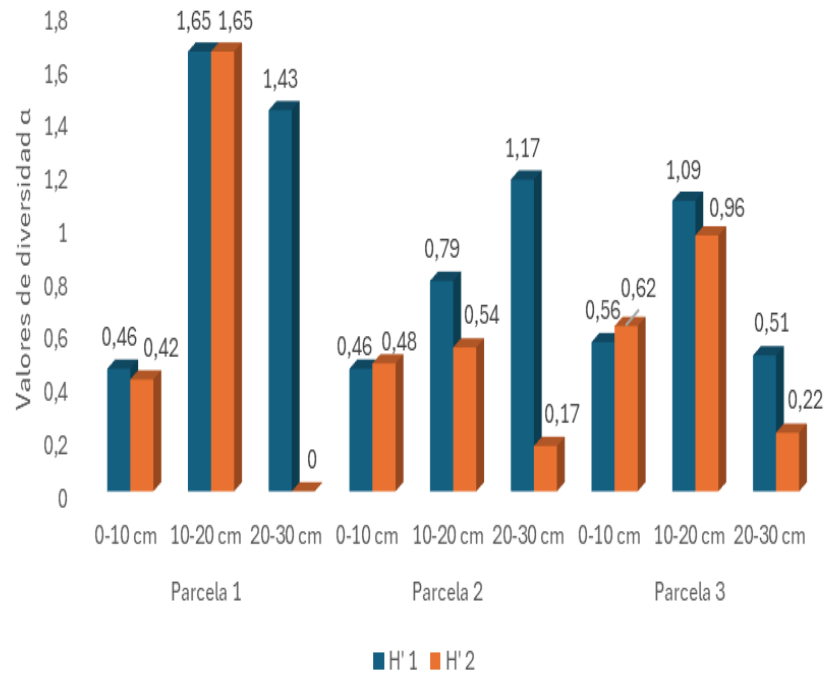


Figura 4. Diversidad de Shannon-Wiener en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.

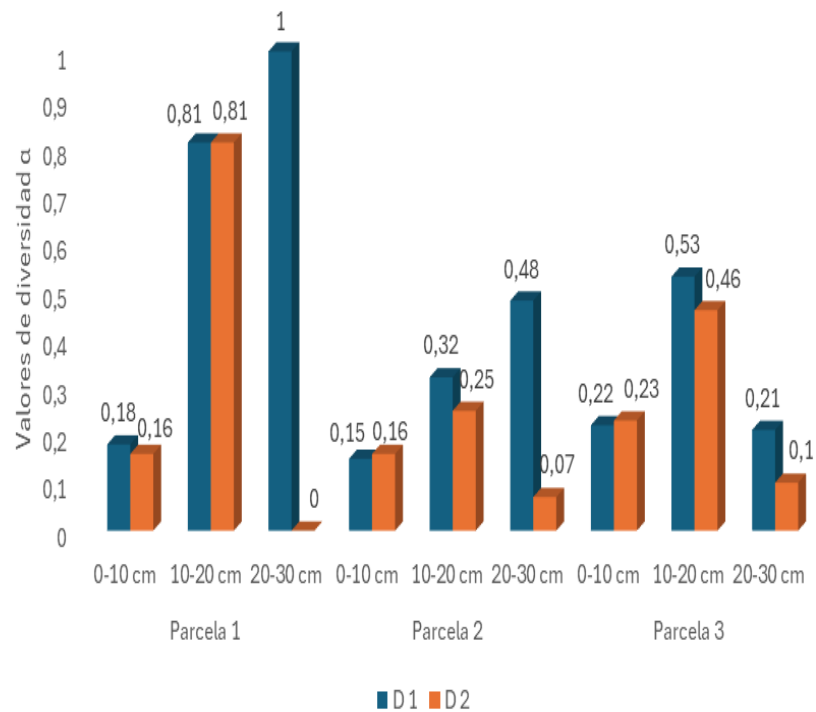


Figura 5. Diversidad de Simpson en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.

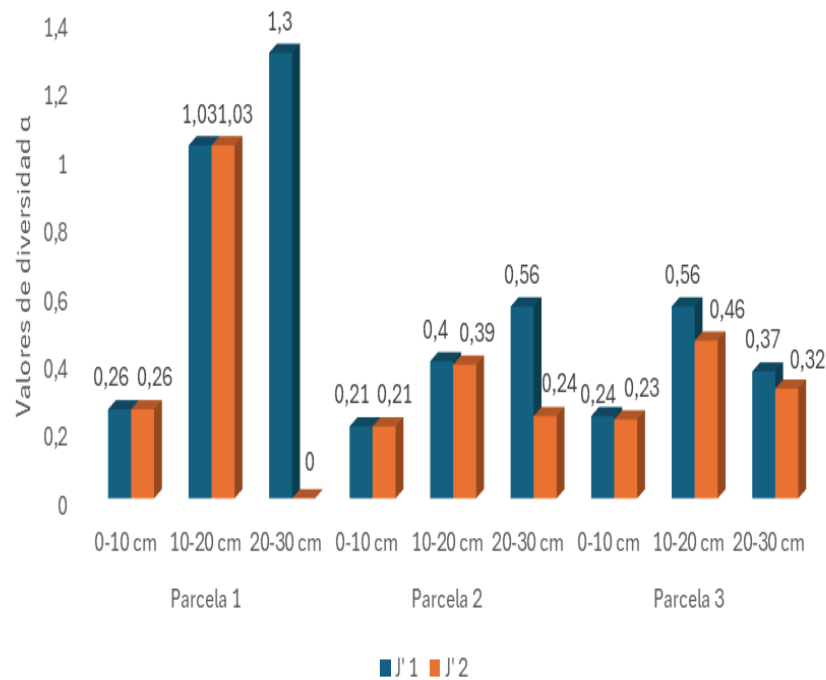


Figura 6. Diversidad Pielou en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.

4.1.3. Diversidad beta (β)

La similitud de Jaccard entre pares de parcelas (P2 y P3, P1 y P3, P1 y P2) en tres profundidades del suelo (20-30 cm, 10-20 cm, 0-10 cm) en la primera evaluación. El coeficiente de Jaccard varía de 0 (sin similitud) a 1 (identidad total), indicando la proporción de especies compartidas entre dos parcelas. Las parcelas P2 y P3 son las más similares en términos de macrofauna. Esto podría deberse a condiciones ambientales similares, historias de uso de la tierra parecidas o proximidad geográfica. La parcela P1 muestra diferencias en la macrofauna en comparación con P2 y P3. Esto podría deberse a diferencias en factores como el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, la exposición solar o las perturbaciones pasadas (incendios, tala selectiva, etc.). De modo que, la variabilidad en la similitud entre las distintas profundidades del suelo sugiere que la distribución de las especies de macrofauna está determinada por factores específicos de cada estrato. La mayor similitud en la capa superior del suelo (0-10 cm) en las parcelas P1-P3 y P1-P2 podría reflejar una comunidad de macrofauna compartida o una mayor influencia de factores superficiales.

Con esa base, Arias (2021) encontró el valor más alto de 30 % entre 0 a 10 cm con 10 a 20 cm, 10 % entre hojarasca con los primeros 20 cm y 0 % entre los 30 cm de profundidad. Por su parte, Huamán (2023) encontró una similitud de Jaccard de 40,63 % en un sistema Cacao-Tornillo. Asimismo, Saldaña (2024) encontró 25,8 % en el sistema cacao-

plátano y 27 % en el sistema cacao-bosque secundario. Asimismo, Ruiz et al. (2023) identificó una similitud con el índice de Jaccard del 50 % en los modelos de cultivo Bambú-Aguaje y Plantación mixta-Bambú. Comparando con nuestro estudio, se encontró en una profundidad de 0 a 10 cm un promedio del 41 % en la primera evaluación y del 36 % en la segunda evaluación, pudiéndose afirmar que Ruiz et al. (2023) es mayor a nuestros resultados, pero son similares con lo encontrado por Huamán (2023) y menores con Arias (2021) y Saldaña (2024). En consecuencia, nuestra investigación sirve para entender que la diversidad beta en el suelo puede ser un indicador de salud y resiliencia en los ecosistemas, ya que refleja cómo las especies cambian en respuesta a los cambios ambientales y geográficos. Esto puede ser especialmente importante para comprender cómo la biodiversidad en la Tierra responde a factores como hábitats variables, contaminación y cambio climático (Tabla 8) (Figura 7).

Tabla 8. Similitud de Jaccard en las dos evaluaciones por parcela y profundidad.

Profundidad	1era Evaluación			2da Evaluación		
	P1 y P2	P1 y P3	P2 y P3	P1 y P2	P1 y P3	P2 y P3
0-10 cm	0,36	0,50	0,38	0,50	0,33	0,25
10-20 cm	0,20	0,33	0,27	0,80	0,30	0,20
20-30 cm	0,38	0,17	0,20	0,50	0,50	1,00

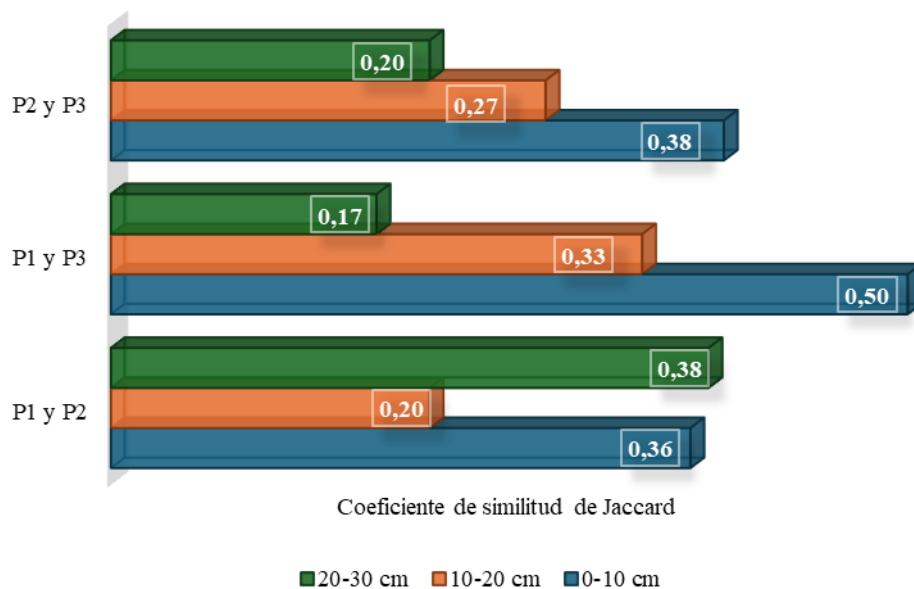


Figura 7. Diversidad β usando Jaccard en la primera evaluación por parcela y profundidad.

El dendrograma basado en Jaccard, nos ayudó en el análisis jerárquico de agrupamiento (hierarchical clustering) y a visualizar la similitud entre diferentes profundidades

por cada parcela evaluada. En 0-10 cm de la primera evaluación, nos muestra las relaciones entre P1, P2 y P3, teniendo P1 y P2 una similitud muy alta (cerca de 0,95), debido a que se agrupan primero. Mientras que P3 tiene menor similitud con P1 y P2, uniéndose al grupo formado por ellos en un nivel más bajo de similitud (cerca de 0,80). En resumen, P1 y P2 son los más similares entre sí, mientras que P3 es más diferente en comparación con ambos (Figura 8).

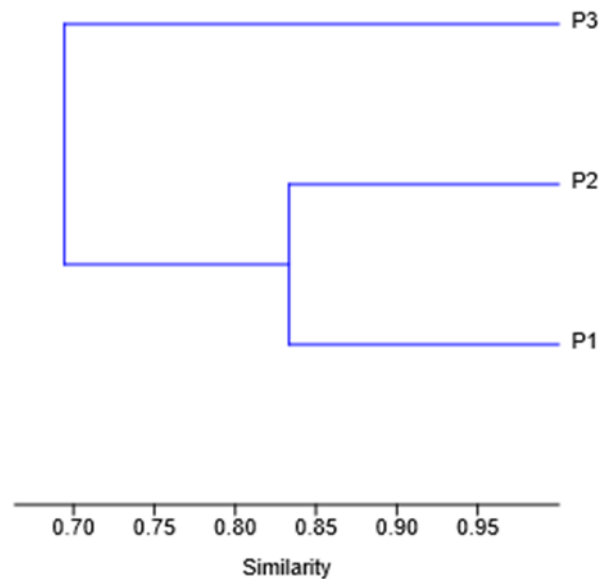


Figura 8. Dendrograma basado en Jaccard de 0-10 cm en la primera evaluación.

El dendrograma para la profundidad de 10-20 cm en la primera evaluación, muestra una relación de P2 y P3 están más relacionados entre sí, ya que se agrupan primero en un valor cercano a -25. Y P1 es más diferente de P2 y P3, ya que se une al grupo formado por ellos en un valor más bajo (cercano a -50). En resumen, P2 y P3 son los más similares entre sí, mientras que P1 es el más diferente del grupo. Este dendrograma enfatiza la diferencia (disimilitud) entre los elementos al representarla con valores negativos (Figura 9).

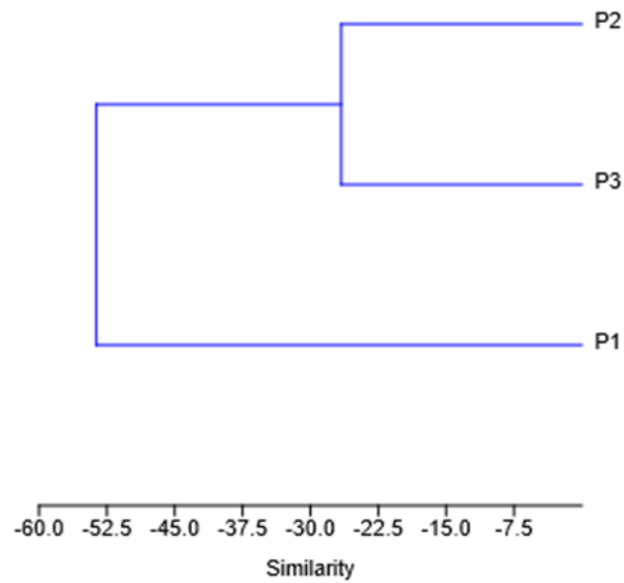


Figura 9. Dendrograma basado en Jaccard de 10-20 cm en la primera evaluación.

El dendrograma para la profundidad de 20-30 cm en la primera evaluación, muestra una relación de P2 y P3 estos dos elementos se agrupan aproximadamente a un valor de similitud de -10 significando que, entre ellos, tienen menor diferencia en comparación con los otros elementos. P1 se agrupa con el clúster formado por P2 y P3 a un valor cercano a -25. Esto indica que P1 tiene una mayor diferencia respecto a P2 y P3, en comparación con la similitud entre ellos. Esto nos permite confirmar que P2 y P3 tienen una mayor afinidad, mientras que P1 es significativamente más distinto (Figura 10).

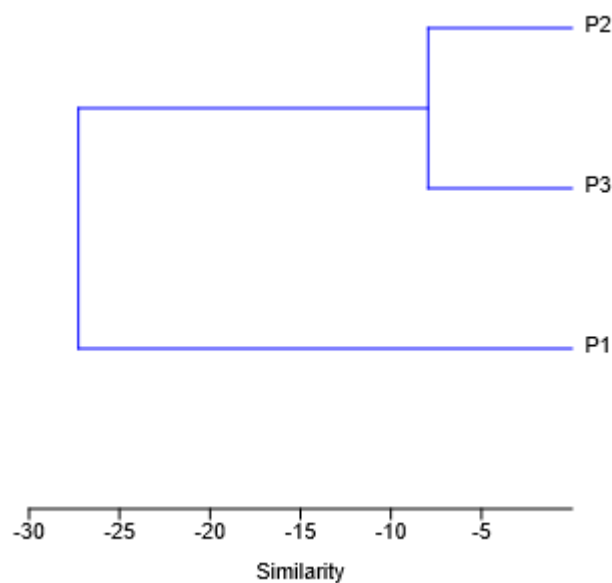


Figura 10. Dendrograma basado en Jaccard de 20-30 cm en la primera evaluación.

En la segunda evaluación se encontraron que las parcelas P2 y P3 son idénticas a 20-30 cm de profundidad, con un coeficiente de 1,00 mostrando una mayor similitud. Asimismo, se encontró que P1 y P2 son muy similares a 10-20 cm, con un coeficiente de 0,80. Se encontró también que P2 y P3 tienen los valores más bajos (0,20) a 10-20 cm, mostrando que a esta profundidad son los más diferentes (menor similitud). Finalmente, la similitud varía significativamente con la profundidad, destacando diferencias en las capas superficiales (0-10 cm y 10-20 cm) (Figura 11).

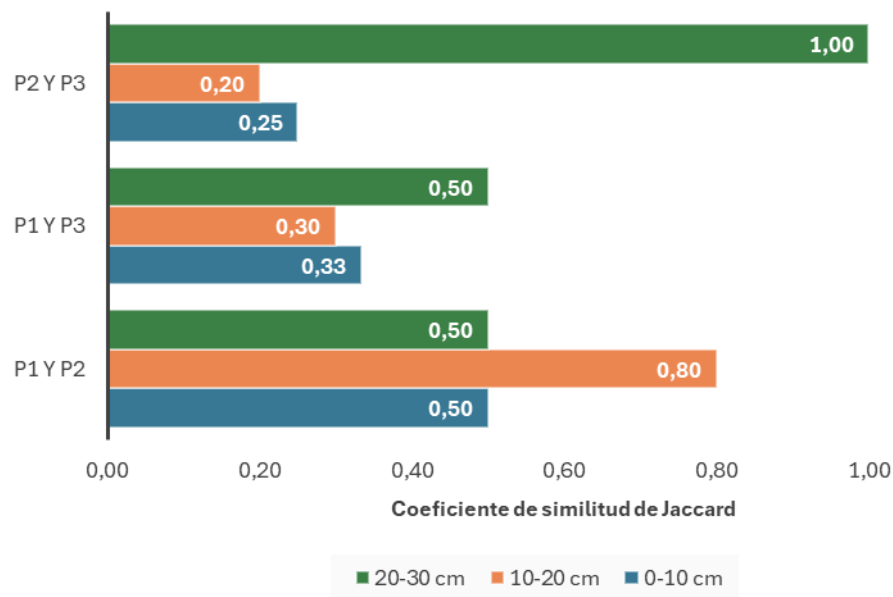


Figura 11. Diversidad β usando Jaccard en la segunda evaluación por parcela y profundidad.

En la segunda evaluación se encontró que P1 y P2 a una profundidad de 0-10 cm, muestran un nivel de similitud cercano a -30 agrupándose primero. Esto indica que tienen una relación más estrecha en comparación con P3 que se encuentra más alejado mostrándose considerablemente diferente, uniéndose al clúster formado por P1 y P2 a un nivel de similitud mucho más bajo, cercano a -140. Esto indica que P3 es el más diferente de los tres (Figura 12).

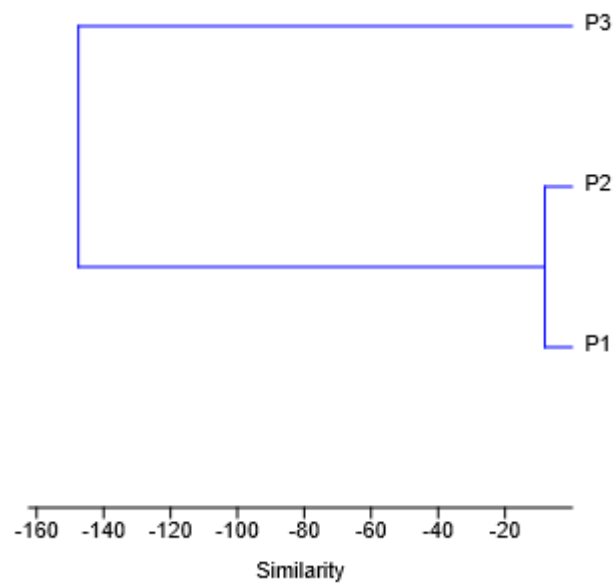


Figura 12. Dendrograma basado en Jaccard de 0-10 cm en la segunda evaluación.

A una profundidad de 10-20 cm en la segunda evaluación se encontró que P2 y P3 se agrupan primero a un nivel de similitud cercano a -22,5 indicando que tienen una relación más estrecha en comparación con P1 que se une al grupo formado por P2 y P3 a un nivel de similitud cercano a -60. Visualizándose que P1 tiene una diferencia significativa en relación con el grupo de P2 y P3 (Figura 13).

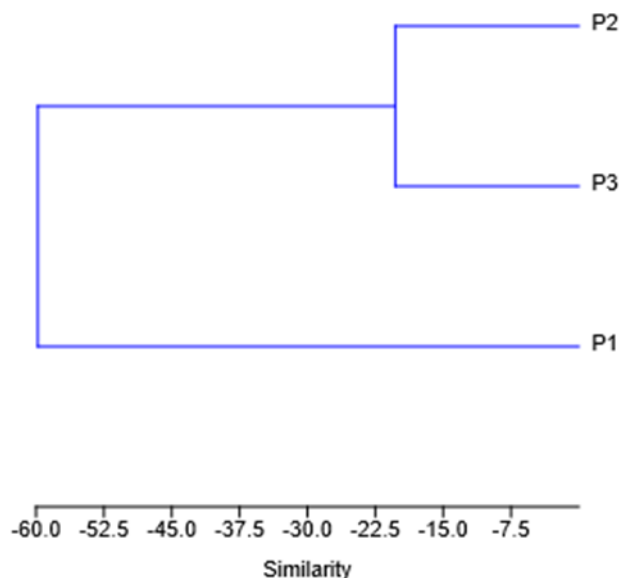


Figura 13. Dendrograma basado en Jaccard de 10-20 cm en la segunda evaluación.

En la segunda evaluación para una profundidad de 20-30 cm P2 y P3 se unen primero en el dendrograma (a un nivel de similitud de alrededor de -10). Esto significa

que P2 y P3 son más similares entre sí que con P1. Esta parcela se une al grupo P2/P3 a un nivel de similitud mucho menor (alrededor de -20). Indicándonos que P1 es considerablemente diferente a los otros dos. Además, cuanto más a la derecha se produce la unión en el dendrograma (es decir, más cerca de 0 en el eje de similitud), más similares son los elementos que se están uniendo. En este caso, P2 y P3 son bastante similares entre sí, mientras que P1 es bastante distinto del resto. Resumiendo, las parcelas P2 y P3 podrían tener una composición de especies muy parecida, quizás con especies dominantes similares, condiciones ambientales parecidas, o historias de perturbación similares. Mientras que la parcela P1 podría ser un sitio con una composición de especies muy diferente, quizás debido a diferentes condiciones del suelo, exposición, o un régimen de perturbación distinto (Figura 14).

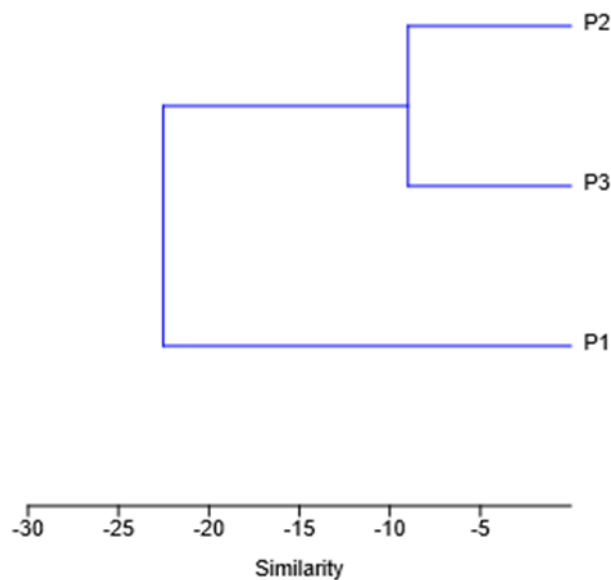


Figura 14. Dendrograma basado en Jaccard de 20-30 cm en la segunda evaluación.

4.2. Densidad y biomasa de la macrofauna del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú

La densidad de individuos de macrofauna evaluados por metro cuadrado (ind./m²) en tres parcelas a tres profundidades (P1, P2, P3) y en dos evaluaciones o momentos diferentes (Densidad 1 y Densidad 2). Se encontró que la parcela 1 de 0-10 cm presenta la mayor densidad de macrofauna en comparación con las otras profundidades en ambas evaluaciones. Densidad 1, P1 tiene aproximadamente 2 240 ind./m², y en la Densidad 2, aumenta ligeramente a 2 400 ind./m². Esto indica una población considerable y relativamente estable de macrofauna en esta profundidad. Además, esta profundidad destaca en su densidad, lo que puede sugerir condiciones ambientales favorables para la macrofauna, como disponibilidad de recursos alimenticios, humedad adecuada o menor perturbación del suelo. En la parcela 2 a una

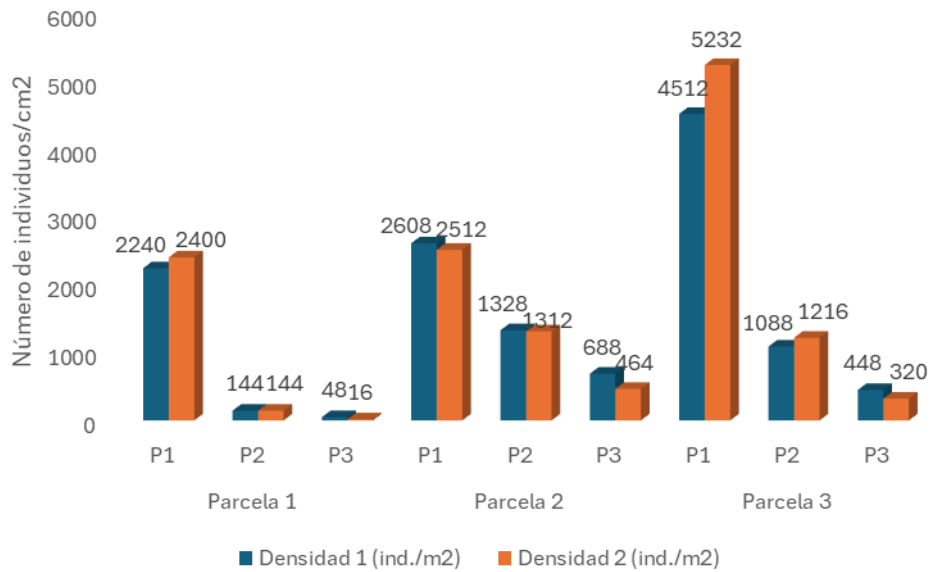
profundidad de 0-10 cm la densidad es mayor comparada con la parcela 1, pero relativamente menor en la segunda evaluación, en las otras profundidades son relativamente similares, pero menor en la profundidad de 20-30 cm en la segunda evaluación. En la parcela 3 a una profundidad de 0-10 cm presentan las mayores densidades 4 512 ind/m² y 5 232 ind/m² en la segunda evaluación, comparado con las parcelas 2 y 1 respectivamente a la misma profundidad, en las profundidades de 10-20 y 20-30 cm son relativamente menores a la parcela 2, pero bastante mayores a la parcela 1. Estos cambios en la densidad que se muestra, quizá sea influencia del verano prolongado el año 2024 periodo en que se realizó la segunda evaluación, un año anómalo en cuanto a la ausencia de precipitaciones regulares en la zona de Tulumayo.

Sin embargo, haciendo comparaciones de los resultados encontrados en las tres parcelas evaluadas, tenemos que la profundidad P1 (0-10 cm) vs. P2 (10-20 cm) y P3 (20-30 cm): La parcela P1 tiene una densidad de macrofauna significativamente mayor que P2 y P3, lo que sugiere que las condiciones del suelo y el entorno en P1 son mucho más propicias para la macrofauna. Y P2 vs. P3: La parcela P2 tiene más individuos que P3, por lo que sus condiciones son relativamente similares a la primera parcela en comparación con P3. Sobre esa base, las marcadas diferencias en la densidad de macrofauna entre las profundidades sugieren que existen factores ambientales que intervienen significativamente en la macrofauna. Estos factores podrían incluir diferencias en la disponibilidad de materia orgánica, la humedad del suelo, la estructura del suelo, la cobertura vegetal, el uso de pesticidas o la frecuencia de disturbios del suelo. Para las profundidades P1 y P2, la densidad de macrofauna permanece relativamente estable entre la Densidad 1 y la Densidad 2, lo que sugiere que las condiciones del suelo son consistentes a lo largo del tiempo. Finalmente, la densidad de macrofauna es un indicador clave de la salud del suelo y su capacidad para sustentar la vida. Las diferencias observadas entre las parcelas pueden reflejar diferencias en la calidad del suelo y en el manejo del ecosistema.

De este modo, las mayores densidades de macrofauna se registran en el estrato de 0 a 10 cm, lo que concuerda con nuestros hallazgos y con los estudios previos de Chanta (2010), Panduro (2013), Sagawa (2014), Tuesta (2015) y Sánchez (2018). En nuestro estudio, las tres parcelas analizadas estuvieron marcadas por la alta abundancia de *Lumbricus terrestris* (Haplotaxida), superando los valores reportados en investigaciones previas, con una concentración predominante en la capa de 0-10 cm y una menor representación de otros órdenes. En síntesis, la presencia o ausencia de un determinado orden está condicionada por múltiples factores, incluyendo variables ambientales y edáficas (Tabla 9) (Figura 15).

Tabla 9. Densidad y biomasa por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.

Variables	Parcela 1			Parcela 2			Parcela 3		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Densidad 1 (ind./m ²)	2 240	144	48	2 608	1 328	688	4 512	1 088	448
Densidad 2 (ind./m ²)	2 400	144	16	2 512	1 312	464	5 232	1 216	320
Biomasa 1 (g/m ²)	56,0	10,4	3,5	98,6	44,8	13,3	111,4	37,6	10,6
Biomasa 2 (g/m ²)	58,2	21,4	1,3	26,6	19,8	3,7	54,4	25,0	12,8

**Figura 15.** Densidad de macrofauna por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.

En cuanto a la biomasa estudiada, muestra que en la Parcela 1, la biomasa es mayor en la profundidad de 0-10 cm, con 56 g/m² en la Biomasa 1 y 58,24 g/m² en la Biomasa 2, disminuyendo con la profundidad, siendo menor en 20-30 cm (3,52 g/m² en Biomasa 1 y 1,28 g/m² en Biomasa 2), existe una ligera estabilidad en las mediciones de biomasa entre las dos evaluaciones, aunque se observa una pequeña disminución en la capa más profunda (20-30 cm). En Parcela 2, similar a P1, la parcela P2 presenta la mayor biomasa en la profundidad de 0-10 cm (98,56 g/m² en Biomasa 1 y 26,56 g/m² en Biomasa 2), disminuyendo con la profundidad. En la evaluación de la Biomasa 1, hay una diferencia muy grande entre la biomasa de la capa superficial (0-10 cm) y las capas inferiores. Además, se observa una disminución en la biomasa en todas las profundidades entre la Biomasa 1 y la Biomasa 2, particularmente notable en la capa superficial (0-10 cm). Seguidamente, en la Parcela 3 también muestra la mayor biomasa en la profundidad de 0-10 cm (111,36 g/m² en Biomasa 1 y 54,4 g/m² en Biomasa 2), disminuyendo con la profundidad. Se observa además, una disminución en la biomasa en todas las profundidades entre la Biomasa 1 y la Biomasa 2, pero es menos drástica que en la Parcela 2.

Nuestros hallazgos sugieren que la concentración de biomasa de macrofauna en las capas superficiales del suelo está influenciada por la disponibilidad de materia orgánica y condiciones ambientales favorables, como humedad y temperatura. La disminución observada en la biomasa de macrofauna entre las evaluaciones 1 y 2 podría atribuirse a varios factores, incluyendo cambios en la disponibilidad de recursos alimenticios, variaciones climáticas o perturbaciones del suelo. Estos resultados indican que las condiciones edáficas y ambientales juegan un papel crucial en la dinámica poblacional de la macrofauna.

Nuestros resultados indican que las mayores cantidades de biomasa de macrofauna se encuentran en los estratos de 0 a 10 cm, lo que concuerda con estudios previos realizados por Chanta (2010), Panduro (2013), Sagawa (2014), Tuesta (2015) y Sánchez (2018). Sin embargo, al comparar nuestros hallazgos con estos estudios, observamos que la biomasa en nuestras evaluaciones es superior a la reportada en la mayoría de ellos a la misma profundidad. Esto se debe principalmente a la abundancia de *Lombricus terrestris* en las parcelas con plantaciones de *G. angustifolia*. Por lo tanto, *L. terrestris* se establece como un bioindicador del suelo en estas plantaciones, sugiriendo que una menor densidad y biomasa de esta especie estaría asociada con niveles reducidos de macro y micronutrientes (Figura 16).

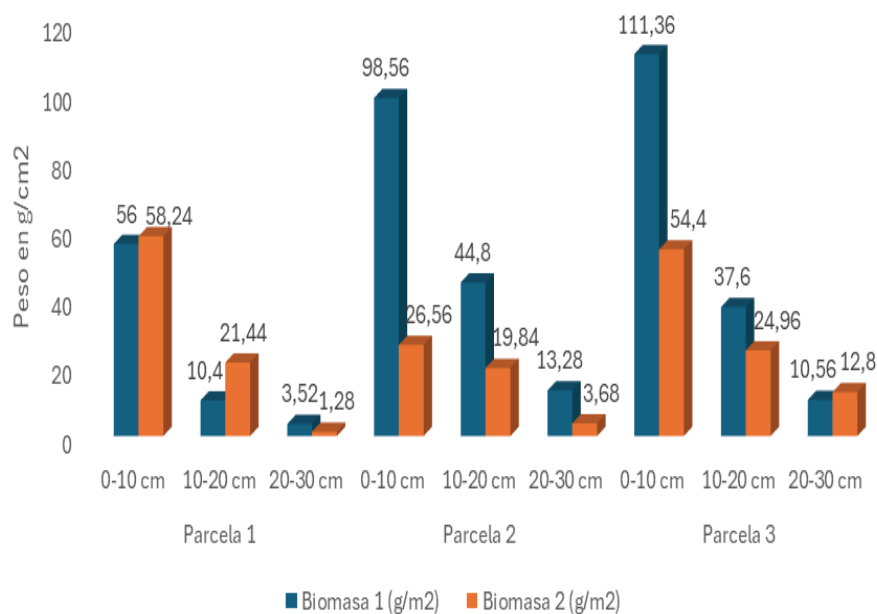


Figura 16. Biomasa de macrofauna por parcela a cada profundidad en las dos evaluaciones.

4.3. Propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú

Se encontró que la textura, estructura y color del suelo fueron similares en ambas evaluaciones. Mientras que el pH del suelo es ligeramente ácido en todas las parcelas y evaluaciones (entre 5,64 y 5,94). En general, los cambios entre la primera y segunda evaluación son mínimos. Un pH ligeramente ácido es común en muchas regiones agrícolas, pero podría afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes. La CE (Conductividad Eléctrica), es baja en todas las parcelas y evaluaciones (entre 0,04 y 0,09). Esto indica una baja concentración de sales solubles en el suelo. Un aumento en la CE podría indicar acumulación de sales, lo cual podría ser perjudicial para algunas plantas. La MO (Materia Orgánica), es moderada en la primera evaluación (entre 1,05 y 1,38) y aumenta significativamente en la segunda evaluación (entre 2,61 y 2,99). Un aumento en la MO es generalmente beneficioso, ya que mejora la estructura del suelo, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. El N (Nitrógeno), los niveles de N son bajos en la primera evaluación (entre 0,05 y 0,07) y aumentan en la segunda evaluación (entre 0,13 y 0,15). El nitrógeno es un nutriente esencial para las plantas, por lo que un aumento es positivo.

Del mismo modo, el C (Carbono), similar al N, los niveles de C aumentan de la primera a la segunda evaluación en todas las parcelas. Esto está relacionado con el aumento en la MO. Por otra parte, el P (Fósforo) muestra niveles que varían entre las parcelas y evaluaciones. La parcela 3 muestra un aumento significativo en la segunda evaluación (de 5,76

a 15,58). El fósforo es esencial para el desarrollo de las raíces y la floración. El K_2O (óxido de potasio), muestra niveles altos en todas las parcelas y evaluaciones. Sin embargo, se observa una disminución en la segunda evaluación en la parcela 1 (de 60,47 a 42,35), mientras que en la parcela 3 aumenta significativamente (de 110,72 a 119,59). El potasio es importante para la regulación hídrica y la resistencia a enfermedades. La CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), aumenta en la segunda evaluación en todas las parcelas. Esto indica una mayor capacidad del suelo para retener nutrientes.

De igual forma, el Ca (Calcio), los niveles de Ca también aumentan en la segunda evaluación en todas las parcelas. El calcio es importante para la estructura celular de las plantas. El Mg (Magnesio), los niveles varían entre las parcelas y evaluaciones, pero en general son relativamente bajos. El magnesio es esencial para la fotosíntesis. El K (Potasio), los niveles de K son bajos en todas las parcelas y evaluaciones. Un aumento en los niveles de K podría ser beneficioso para el crecimiento de las plantas. Finalmente, el Na (Sodio), muestra niveles bajos en todas las parcelas y evaluaciones. Una disminución en los niveles de Na es positiva, ya que el sodio en exceso puede ser perjudicial para la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas.

En consecuencia, Triana et al. (2015) demostró que la pérdida del componente vegetal influye en la abundancia, riqueza y composición de la comunidad total de macroinvertebrados del suelo, confirmando su eficiencia bioindicadora. Nuestros resultados pueden servir de alerta para evitar que más bosques ribereños sean perdidos junto al componente biológico y los servicios ambientales que sustentan. De igual manera, Montenegro et al. (2017) constató el pH fue determinante en la diversidad de poblaciones mientras que el cobre y el fósforo incide en la abundancia para los tres sistemas en estudio en la microcuenca Tomabú. Encontrándose en esa misma línea los hallazgos de Solano (2016).

En efecto, al comparar nuestros resultados con las investigaciones de Quintana (2018), Zavaleta (2019) y Sánchez (2018), observamos que el pH y el porcentaje de materia orgánica (MO) influyen en la abundancia y diversidad de la macrofauna del suelo. En la segunda evaluación, tanto el porcentaje de MO como el pH aumentaron, lo que provocó un ligero incremento en nuestros hallazgos. En consecuencia, no se encontraron mayores referencias para comparar con los otros parámetros evaluados. Nuestros resultados indican que estos parámetros son generalmente bajos o moderados en algunos casos. No obstante, no hay evidencia suficiente para afirmar que la falta de algún macronutriente haya afectado negativamente la abundancia, densidad o biomasa de la macrofauna del suelo; es decir, los

parámetros edáficos no parecen haber tenido una influencia significativa sobre estas variables (Tabla 10) (Figura 17) (Figura 18) (Figura 19) (Figura 20) (Figura 21).

Tabla 10. Parámetros del suelos por parcela en las dos evaluaciones.

Parámetros del suelo	Parcela 1		Parcela 2		Parcela 3	
	1er	2da	1er	2da	1er	2da
pH	5,91	5,94	5,78	5,80	5,64	5,75
CE (dS/m)	0,09	0,06	0,09	0,06	0,08	0,04
MO (%)	1,05	2,99	1,38	2,93	1,10	2,61
N (%)	0,05	0,15	0,07	0,15	0,06	0,13
C (%)	0,61	1,74	0,80	1,70	0,64	1,51
P (ppm)	3,53	5,73	3,44	6,56	5,76	15,58
K ₂ O (ppm)	60,47	42,35	109,64	52,11	110,72	119,59
CIC	5,44	7,17	5,34	5,49	6,31	8,43
Ca (Cmol(+)/kg)	4,26	5,99	4,08	4,57	4,96	6,59
Mg (Cmol(+)/kg)	0,68	0,94	0,71	0,67	0,69	1,33
K (Cmol(+)/kg)	0,22	0,15	0,27	0,17	0,38	0,49
Na (Cmol(+)/kg)	0,28	0,09	0,29	0,09	0,29	0,01

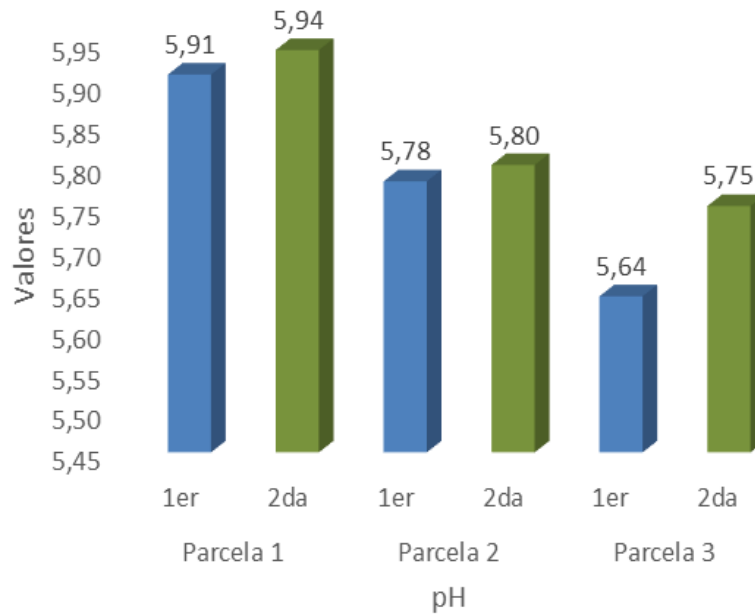


Figura 17. Niveles de pH en ambas evaluaciones por parcela.

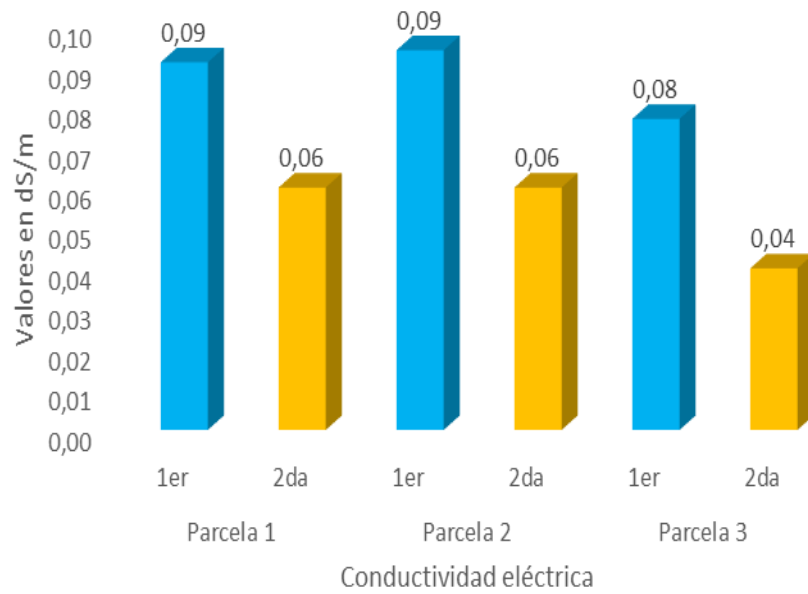


Figura 18. Valores de conductividad eléctrica en ambas evaluaciones por parcela.

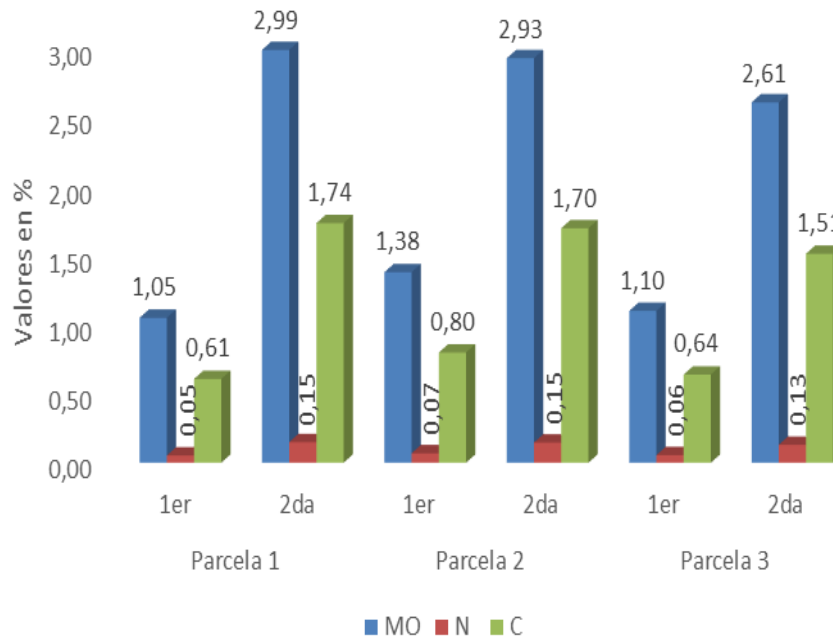


Figura 19. Materia orgánica, nitrógeno y carbono en ambas evaluaciones por parcela.

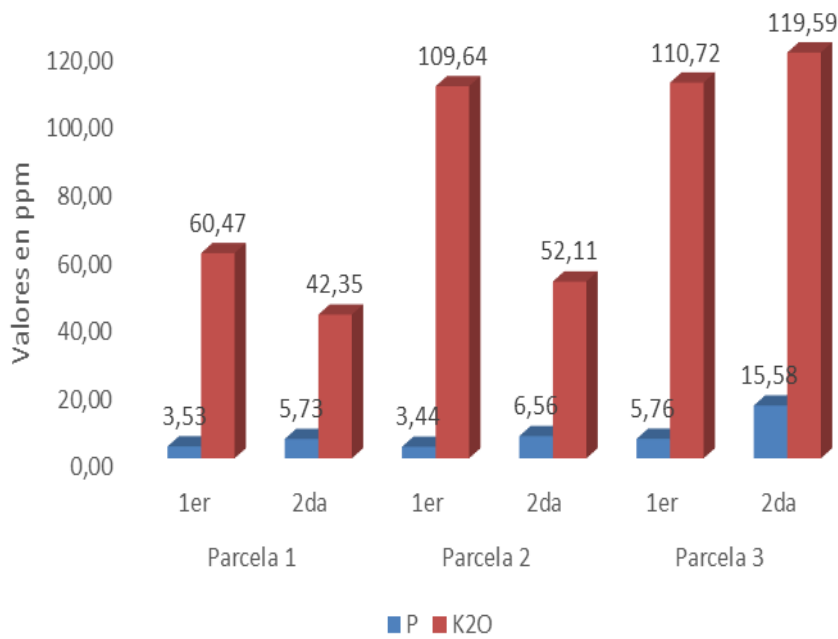


Figura 20. Fósforo y oxido de potasio en ambas evaluaciones por parcela.

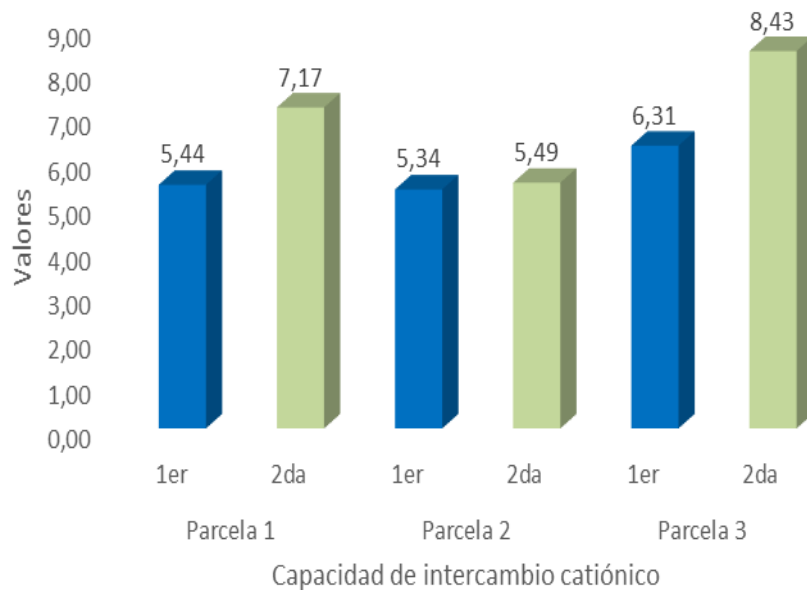


Figura 21. CIC en ambas evaluaciones por parcela.

4.4. Relación de la diversidad de macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo en plantaciones de *G. angustifolia* de tres edades en Tulumayo, Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú

En la matriz de correlación entre diferentes parámetros del suelo y medidas de la diversidad alfa (D_{mg} , H' , D , J'), el color y el tamaño de los círculos indican la fuerza y la dirección de la correlación: Azul, correlación positiva (a medida que una variable aumenta, la

otra también tiende a aumentar); Rojo, correlación negativa (a medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir). Y el tamaño del círculo, a mayor tamaño indica una correlación más fuerte. La diversidad alfa (Dmg, H', D, J'), están fuertemente correlacionados positivamente entre sí (círculos azules grandes). Esto es esperable ya que todos intentan medir diferentes aspectos de la diversidad. Muestran correlaciones variables con los parámetros del suelo, algunas positivas y otras negativas, pero en general, parecen tener una relación más fuerte con MO, N, C y P.

El pH y CE (Conductividad Eléctrica), muestran correlaciones débiles con los índices de diversidad alfa. La CE muestra una correlación positiva con la diversidad alfa, aunque no muy fuerte. Asimismo, MO (Materia Orgánica), N (Nitrógeno), C (Carbono) y P (Fósforo), están fuertemente correlacionados positivamente entre sí, lo cual es común ya que están interrelacionados en los ciclos biogeoquímicos del suelo. Muestran una correlación compleja con los otros parámetros del suelo, algunas positivas y otras negativas. El K₂O (Óxido de Potasio), CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), Ca (Calcio), Mg (Magnesio), K (Potasio) y Na (Sodio), estos elementos y la CIC a menudo están fuertemente correlacionados entre sí. Tienden a mostrar correlaciones negativas con la diversidad alfa, lo que podría indicar que altas concentraciones de estos elementos pueden no favorecer la diversidad en este sistema en particular. Finalmente, la correlación no implica causalidad, que dos variables estén correlacionadas no significa que una cause la otra. Podría haber otros factores en juego. La interpretación de estas correlaciones depende del contexto específico del estudio (tipo de suelo, región, etc.). Las correlaciones débiles pueden no ser significativas.

Sobre esa base, Chávez et al. (2023) encontraron una correlación canónica significativa entre las propiedades químicas y físicas de los suelos y las comunidades de la macrofauna. Los órdenes Isopoda y Haplotoxida fueron las variables de la macrofauna edáfica que más aportaron a la varianza compartida por ambos grupos de variables. En tanto, la densidad aparente, la densidad real, el contenido de arcilla, la humedad higroscópica, el pH, Ca, K y Mg, fueron las propiedades físicas y químicas de mayor correlación. En esa misma línea, López (2022) demostró que las relaciones o asociaciones entre la abundancia de las familias de la macrofauna edáfica con parámetros o características físicas y químicas del suelo y las que acontecen entre la frecuencia de identificación de los géneros de la microbiología edáfica con variables, parámetros o características físicas y químicas del suelo pueden ser antagónicas, si una afecta a la otra, sinérgica positiva, cuando ambos se benefician, sinérgica negativa, si ambos se perjudican o no existe asociación o relación entre estas.

Desde este punto de vista, la comparación de las investigaciones con nuestros resultados demuestra que las relaciones de la diversidad alfa y las propiedades físicas y químicas son antagónicas y muchas veces complejas, que exista correlación no implica que sean significativas positivas y directas, Existen también correlaciones negativas, seguramente influenciadas por otros factores no previstos en esta investigación, como el tipo de suelo, humedad, precipitación, etc. (Tabla 11) (Tabla 12) (Figura 22).

Tabla 11. Promedio de diversidad alfa y parámetros del suelo de las dos evaluaciones.

	Dmg	H'	D	J'	pH	CE	MO	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na
Parcela 1	1,21	0,94	0,49	0,65	5,93	0,08	2,02	0,1	1,17	4,63	51,41	6,3	5,13	0,81	0,18	0,18
Parcela 2	1,26	0,6	0,24	0,34	5,79	0,08	2,16	0,11	1,25	5	80,87	5,41	4,32	0,69	0,22	0,19
Parcela 3	1,35	0,66	0,29	0,37	5,7	0,06	1,86	0,09	1,08	10,67	115,15	7,37	5,77	1,01	0,43	0,15

Tabla 12. Relación entre la diversidad alfa de macrofauna y los parámetros del suelo.

	Dmg	H'	D	J'	pH	CE	MO	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na
Dmg		0,54	0,56	0,49	0,18	0,23	0,54	0,56	0,54	0,19	0,08	0,53	0,61	0,47	0,13	0,38
H'	-0,66		0,02	0,05	0,36	0,77	0,92	0,89	0,92	0,74	0,47	0,93	0,85	0,99	0,68	0,93
D	-0,64	1,00		0,07	0,37	0,79	0,90	0,88	0,90	0,75	0,48	0,91	0,84	0,97	0,69	0,94
J'	-0,71	1,00	0,99		0,31	0,72	0,97	0,94	0,97	0,69	0,42	0,98	0,90	0,96	0,63	0,88
pH	-0,96	0,84	0,83	0,88		0,41	0,72	0,75	0,72	0,38	0,11	0,71	0,79	0,65	0,32	0,57
CE	-0,94	0,35	0,33	0,42	0,80		0,31	0,33	0,31	0,03	0,31	0,30	0,38	0,24	0,10	0,15
MO	-0,66	-0,13	-0,15	-0,05	0,42	0,88		0,02	0,00	0,34	0,61	0,01	0,07	0,07	0,40	0,15
N	-0,63	-0,17	-0,19	-0,09	0,39	0,87	1,00		0,02	0,37	0,64	0,03	0,04	0,09	0,43	0,18
C	-0,66	-0,13	-0,16	-0,05	0,42	0,88	1,00	1,00		0,35	0,62	0,01	0,06	0,07	0,41	0,16
P	0,95	-0,40	-0,38	-0,47	-0,83	-1,00	-0,86	-0,84	-0,86		0,27	0,33	0,41	0,28	0,06	0,19
K₂O	0,99	-0,74	-0,73	-0,79	-0,99	-0,89	-0,57	-0,54	-0,57	0,91		0,61	0,68	0,55	0,21	0,46
CIC	0,67	0,11	0,14	0,03	-0,44	-0,89	-1,00	-1,00	-1,00	0,87	0,58		0,08	0,06	0,39	0,15
Ca	0,58	0,23	0,25	0,15	-0,33	-0,83	-0,99	-1,00	-0,99	0,80	0,48	0,99		0,13	0,47	0,22
Mg	0,74	0,02	0,05	-0,06	-0,52	-0,93	-0,99	-0,99	-0,99	0,91	0,65	1,00	0,98		0,34	0,09
K	0,98	-0,49	-0,46	-0,55	-0,88	-0,99	-0,81	-0,78	-0,80	1,00	0,95	0,81	0,74	0,86		0,25
Na	-0,82	0,11	0,09	0,19	0,63	0,97	0,97	0,96	0,97	-0,96	-0,75	-0,97	-0,94	-0,99	-0,92	

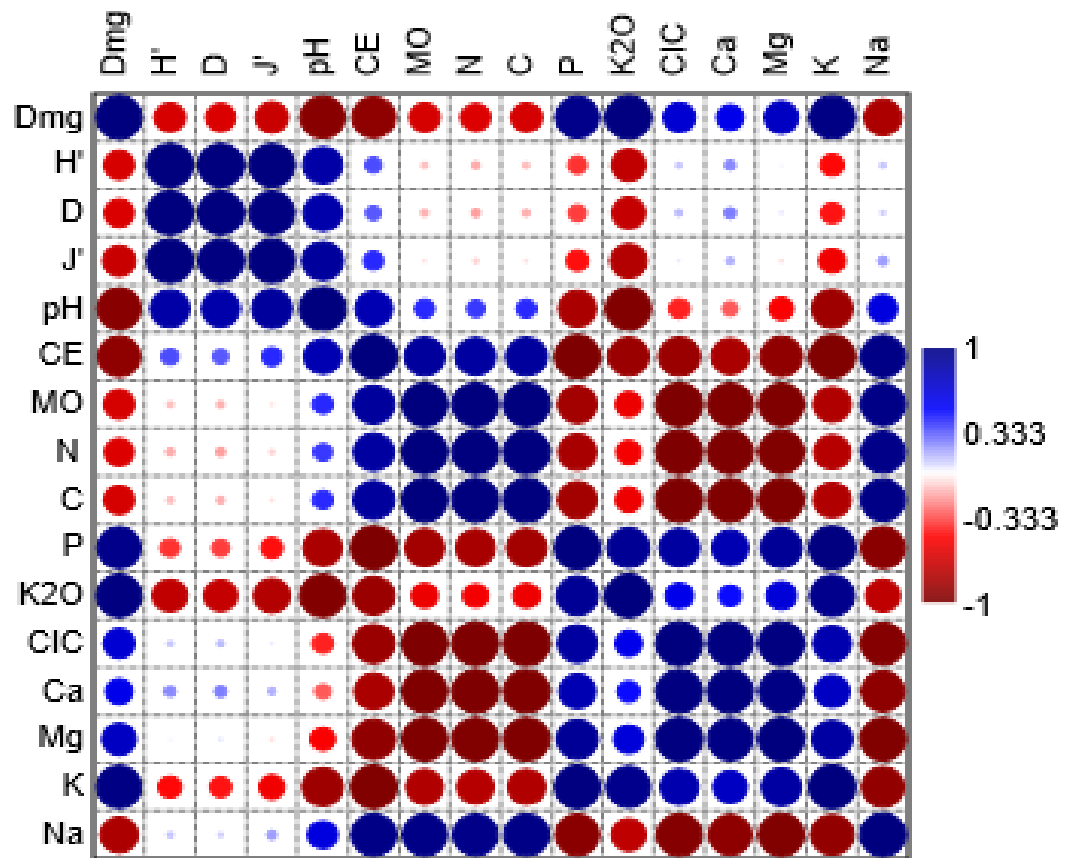


Figura 22. Correlación de los parámetros del suelo en la diversidad alfa de la macrofauna.

V. CONCLUSIONES

1. En la primera evaluación, se detectaron 23 familias/especies de macrofauna y 25 en la segunda evaluación, con 819 y 851 individuos respectivamente.
2. Se encontró baja diversidad en la macrofauna a diferentes profundidades con Margalef y Shannon-Weaver. El índice de Simpson sugirió heterogeneidad diversa, mientras que la equidad de Pielou señaló abundancia de especies sin equidad. La diversidad beta mostró mayor similitud en el estrato de 0-10 cm entre las parcelas P1-P3 y P1-P2, y menor similitud con P3.
3. La parcela P1 presentó la mayor densidad de macrofauna/m² y biomasa en la profundidad de 0-10 cm.
4. El pH del suelo fue moderadamente ácido en todas las parcelas. La MO, fue moderada en la primera evaluación y aumentó significativamente en la segunda. Los niveles de nitrógeno (N) fueron bajos en la primera evaluación y aumentaron en la segunda. Los niveles de fósforo (P) variaron entre las parcelas y evaluaciones, y el sodio (Na) mostró niveles bajos en todas las parcelas y evaluaciones. En consecuencia, la relación entre la macrofauna con las propiedades físicas y químicas del suelo mostró correlaciones débiles, positivas e inversas con la diversidad alfa, lo que podría indicar que altas concentraciones de estos elementos pueden no favorecer la diversidad en este sistema en particular. Además, la correlación no implica causalidad que dos variables estén correlacionadas, no significa que una cause la otra, podría haber otros factores en juego.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Con base en los resultados se debe incluir otros análisis previamente planificados y ejecutados, como Componentes Principales, Correspondencia Canónica, etc. factores como la precipitación, temperatura y humedad del suelo que son condicionantes en la diversidad de la macrofauna del suelo.
2. Es conveniente efectuar verificaciones en otros sistemas cercanos a la región de Tulumayo, como los bosques secundarios. Para identificar el impacto de *Lumbricus terrestris*, particularmente en suelos donde no se ha empleado compost en las plantas.
3. Para este tipo de estudio, se aconseja llevar a cabo la segunda evaluación después de un año y en las mismas condiciones, considerando elementos como el terreno, el clima, entre otros.

VII. REFERENCIAS

- Abhilash, J. (2016). Bamboo: a natural resource for mankind - an overview. *International Journal of Current Agricultural Science*, 6(7), 81-83.
- Anchundia, M. (2015). *Diversidad de la macrofauna del suelo en dos sistemas de producción de banano y plátano en la zona de el Carmen y La Mana*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador].
- Arias, Á. (2021). *Evaluación de la macrofauna del suelo en cacao en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador]
- Ashraf, M., Zulkifli, R., Sanusi, R., Tohiran, K. A., Terhem, R., Moslim, R., Norhisham, A., Ashton-Butt, A & Azhar, B. (2018). Alley-cropping system can boost arthropod biodiversity and ecosystem functions in oil palm plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 260, 19-26.
- Baev, P & Penev, L. (1995). *Biodiversity: Program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Pensoft, Sofia, Bulgaria
- Behari, B., Aggarwal, R., Singh, A. K., & Banerjee, S. K. (2000). Vegetation development in a degraded area under bamboo based agro-forestry system. *The Indian Forester*, 126(7), 710-720.
- Ben-zhi, Z., Mao-yi, F., Jin-zhong, X., Xiao-sheng, Y., & Zheng-cai, L. (2005). Ecological functions of bamboo forest: Research and Application. *Journal of Forestry Research*, 16(2), 143-147.
- Blair, J., Bohlen, P., & Freckman, D. (1997). Soil invertebrates as indicators of soil quality. Methods for assessing soil quality. *Methods for assessing soil quality*, 49, 273-291.
- Botina, B., Bacca, T., Castillo, J., & Días, L. G. (2012). Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (solanales: solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 69-77.
- Bray, J. & Curtis, C. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 326-349.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J. C., Bueno, J., ... & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta zoológica mexicana (nueva serie)*, (Es1), 79-110.

- Buckingham, K. (2014). Rebranding bamboo for Bonn—The 5 million hectare bamboo restoration pledge. Blog de l'Institut des ressources mondiales (*Available on <http://www.wri.org/blog/2014/12/rebranding-bamboo-bonn-5-millionhectare-restorationpledge>*).
- Burges, A. y F., Raw (eds.). (1971). *Biología del suelo*. Ediciones Omega, S. A.
- Burton, P. (1992). The value of managing for biodiversity. *The Forestry Chornicle*, 68(2), 255-236.
- Calzada, J. (1964). *Métodos estadísticos para la investigación*. Sesator.
- Castellanos, J., Treviño, E., Aguirre, O., Jiménez, J., Musálem, M., & López, R. (2008). Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51-63.
- Ceccon, E. (2013). Restauración en ecosistemas tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. *Ciudad de México, México: UNAM-Ediciones Díaz de Santos*.
- Chanta, B. (2010). *Diversidad de macroinvertebrados en sistemas agroforestales del cultivo de Plukenetia volubilis L. Sacha Inchi en Tingo María*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/422>
- Chávez, L., Rodríguez, I., Torres, V., Benítez, D., & Alvarez, A. (2023). Relación de la biota edáfica con las propiedades físicas y químicas del suelo en cinco pastizales de la provincia Granma. *Pastos y Forrajes*, 46.
- Chazdon, R., Harvey, C. A., Komar, O., Griffith, D. M., Ferguson, B. G., Martínez, M., ... & Philpott, S. (2009). Beyond reserves: A research agenda for conserving biodiversity in human-modified tropical landscapes. *Biotropica*, 41(2), 142-153.
- Clark L. (2018) *Ponencia bambúes del Nuevo Mundo, World Bamboo Congress*. World Checklist of Bamboo and rattans 2016 INBAR – International Network for Bamboo and Rattan & the Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew
- Convention on Biological Diversity. (2012). *UNEP/CBD/COP Decision XI/16. Ecosystem restoration*. <http://www.cbd.int/doc/decisions/cop-11/cop-11-dec-16-en.pdf>
- Correia, M., & Oliveira, L. (2000) *De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos*.
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Ed. Paraninfo.
- Daza, F. (2019). *Componente microbiológico (macro invertebrados) en el sistema de uso del suelo (Theobroma cacao L.) cacao y (Guazuma crinita L.) bolaina en el fundo Rosales – Castillo Grande*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1786>

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. (s/a). Diversidad de especies. Recuperado el 22 de agosto de 2023, de <https://www.midagri.gob.pe/portal/47-sector-agrario/recurso-biodiversidad/345-diversidad-de-especies>
- Feisinger, P. (2003). *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*.
- Fu, M., Jianghua, X., & Yiping, L. (2000). *Cultivation and utilization on bamboo*. China Forestry Publishing House.
- Goodfellow, M., Bull, A. T., & Slater, J. H. (1992). Biodiversity as a source of innovation in biotechnology. *Annual review of microbiology*, 46(1), 219-246.
- Hair, J. (1978). *Medidas de diversidad ecológica*. Rodriguez (ed), Manual de técnicas de gestión de la vida silvestre. The Wildlife Society, Bethesda.
- Halfpeter, G., Soberon, J., Koleff, P. & Melic. (2005). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. M3m- monografía 3er Milenio, 4, 1-242.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2004). *Metodología de la investigación* (3^{ra} ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6^{ta} ed.). McGraw-Hill Educación.
- Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica.
- Huerta, E., Rodríguez, J., Evia, I., Montejó, E., Cruz, M., & García, R. (2008). Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 171-181.
- Huamán, J. (2023). Diversidad de la macrofauna edáfica en el banco de germoplasma de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María – Perú, 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2529>
- Ibrahim, M., & Camargo, J. C. (2001). Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. In M. M. Carvalho, M. J. Alvim, & J. C. Carneiro (Eds.), *Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - FAO.
- Janishevski, L., Santamaria, C., Gidda, S. B., Cooper, H. D., & Brancalion, P. H. S. (2015). Restauración del ecosistema, áreas protegidas y conservación de la biodiversidad. *Día internacional de los bosques—21 de marzo 2016*, 66(3), 19.

- Jiang, Z.H. (2007). *Bamboo and rattan in the world*. Beijing, China Forest Publishing House.
- Krebs, C. (1978). *Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper & Row (eds.).
- Krebs, C. (1989). *Ecological methodology*. Harper Collins (ed.).
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemayer, S., Patapov, P., Saint-Laurent, C. Y Sizer, N. (2011). Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva*, 238(62).
- Latawiec, A.E., Strassburg, B.B.N., Brancalion, P.H.S., Rodrigues, R.R. & Gardner T. (2015). Creating space for largescale restoration in tropical agricultural landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13, 211–218.
- Lavelle, P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystems function. *Biology International*, 33, 3-16.
- Llorente, B. & Morrone, J. (2001). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, concepto, métodos y aplicaciones*. UNAM.
- Londoño, X. (2001). *Taxonomía del Bambú con énfasis en el género Guadua*. Presidenta de la Sociedad Colombiana del Bambú.
- Londoño, X. (2013). Dos nuevas especies de *Guadua* para el Perú (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guadinae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 7, 45 – 153.
- López, M. (2022). Macrofauna y microbiología edáfica: relación con servicios ecosistémicos y parámetros fisicoquímicos del suelo en dos agroecosistemas con café, San Ramón, Matagalpa, 2016. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria - Nicaragua]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4637>
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press.
- Magurran, A. (1991). *Diversidad Ecológica y su Medición*. Vendra (ed.).
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science.
- Mishra, G., Giri, K., Panday, S., Kumar, R. Ybisht, N.S. (2014). Bamboo: potential resource for eco-restoration of degraded lands. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 4(2), 130–136.
- Montenegro, A. D. C. E., Filella, J. B., & Valdivia, N. A. G. (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*, (22), 39-49.
- Moreno, C. & Halffter, G. (2001). On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Zaragoza. J. Appl. Ecol.*, 38, 487-490 p.

- Mostacedo, R. & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR.
- Murillo, W. (2008). *La investigación científica*.
- Nirala, D., Kumar, J., Ahmad, M., & Kumari, P. (2018). Bamboo based agroforestry system for livelihood and ecological security in North Chhotanagpur division of Jharkhand. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, SPI*, 1996-1999.
- 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 UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1060>
- Pankhurst, C., Doube, B., & Gupta, V. (1997). Biological indicators of soil health: synthesis. *Biological Indicators of Soil Health Eds.*
- Pérez, N., Rueda, M., Rojo, G., Martínez, R., Ramírez, B., & Juárez, J. (2009). El bambú (*Bambusa spp.*) como sistema agroforestal: una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 5(3), 335-346.
- Polo, U. (2008). Programa de biología aplicada. *Universidad Militar “Nueva Granada”* 4(1), 135-142.
- Porta, J. M., López- Acevedo & C. Roquero. (1999). Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. (2^{da} ed). Ediciones Mundi - prensa.
- Quintana, O. (2018). *Efecto de la pulpa de café en la fertilidad fisicoquímica y macrofauna edáfica en cultivos de café del distrito de Jepelacio - Moyobamba, 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/19160>
- Rebelo, C., & Buckingham, K. (2015). Bamboo: The opportunities for forest and landscape restoration. *Unasylva*, 66(3), 91-98.
- Rebelo, C., & Buckingham, K. (2015). El bambú: oportunidades para la restauración de bosques y paisajes. *Día internacional de los bosques–21 de marzo 2016*, 66(3), 91.
- Rendón, M. E., Villasís, M. Á., & Miranda, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407.
- Rodríguez, R. (2008). *Sistemas agroforestales*. Documento de trabajo. ECOSUR.
- Rodríguez, M., & Villar, E. (1993). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. Universidad de la Rioja.

- Ruiz, F., Díaz, E., Santos, C., Ruiz, J., Mesías, A., & Caldas, B. (2023). Macrofauna edáfica asociada en cuatro sistemas de producción en el distrito de Pueblo Nuevo–Huánuco–Perú. *Journal Scientific International Environmental Green Horizon*, 2(2), 12-24.
- Sagawa, L. (2014). *Evaluación de macrofauna en diferentes ecosistemas en el Parque Nacional Tingo María - Huánuco – Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/612>
- 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 de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2851>
- 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 UNAMAD: <http://hdl.handle.net/20.500.14070/348>
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., & García, Y. (2008). *Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en Pastizales Pastos y Forrajes v.31 n.2 Matanzas*. Instituto de Ciencia Animal. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0864-03942008000200001>
- Sánchez, S., Milera, M., Suárez, J., & Alonso, O. (1997). Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. *Pastos y Forrajes*, 20(2).
- Santa Cruz, S. & Burga, A. (2019). *Macrofauna Edáfica como bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz del distrito de san Rafael, Bellavista, San Martín*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPEU: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3646>
- Solano, R. (2016). *Contribución de la macrofauna del suelo en la salud biológica del paisaje de la comunidad campesina de Quilcas – Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5969>
- Sorensen, T. (1984). A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity in species content and application to analyses of the vegetation on danish commons. *Danske Vidensk Selsk*, 5(4): 1-34 p.
- Stein, A., Gerstner, K., & Kreft, H. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17(7), 866-880. DOI: 10.1111/ele.12277

- Sugg, D. (1996). *Measuring Biodiversity*. State University of New York at Geneseo.
- Tewari, S., Banik, R., Kaushal, R., Bhardwaj, D., Chaturvedi, O., & Gupta, A. (2015). *Bamboo Based Agroforestry Systems*. ENVIS Centre on Forestry.
- Toledo, A. G., Marin, R. A., & Medina, M. A. (2017). Ecology of litterfall production of giant bamboo *Dendrocalamus asper* in a watershed area. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(4), 363-372.
- Torres, M. (1995). *Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de Brachiaria brizantha sola y en asocio con Arachis pintoi después de cuatro años de pastoreo en el trópico húmedo de Costa Rica*. [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4565>
- Triana, S. P., Rousseau, G. X., da Piedad, A. R., Celentano, D., Zelarayán, M. L. C., & Braun, H. (2015). La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasilera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114(1), 49-60.
- Tuesta, M. (2015). *Evaluación de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el distrito de nuevo progreso*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1091>
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica* (2^{da} ed.). San Marcos.
- Vallejo, A. & Aranda, G. (s.a). *Concepto de la diversidad, niveles e importancia de la Biodiversidad*. UNAM.
- Wenyue, H. (1987). El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. *Revista UNASYLVA*, 39(56), 42-49.
- Wittaker, R. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213-251.
- Wolda, H. (1983). Diversity, diversity indices and tropical cockroaches. *Oecologia*, 58, 290-298.
- Zavaleta, M. (2019). *Macrofauna y propiedades físicas y químicas del suelo en cultivos de café del Distrito de Jepelacio- Moyobamba, 2017*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12889>
- Zerbino, M. (1997). Relevamiento de insectos en siembra directa. *Jornada Nacional de Siembra Directa* (5., Mercedes, Uruguay).
- Zhou, B., Fu, M., Xie, J., Yang, X. Y Li, Z. (2005). Ecological functions of bamboo forest: Research and application. *Journal of Forestry Research*, 16(2), 143-147.

ANEXO

Anexo A: Resultados de laboratorio



Figura 23. Análisis de suelo de la primera evaluación.



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:	TOCTO PEÑA MARIA LLULIANA	FECHA DE REPORTE:	26/08/2024
PROCEDENCIA:	TULUMAYO - PUEBLO NUEVO - LEONCIO PRADO - HUANUCO	RECIBO O FACTURA ELECTRONICA N°	49095915

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO										ANÁLISIS QUÍMICO							
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CSC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo		dSm	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio	Magnesio		Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%	%		%		
			CODIGO DEL IAE.	CODIGO DEL SOLICITANTE	%		%	%	1:1	1:1	%	%	%		ppm	ppm	CAMBIABLES			Cmol(+)/kg		%	%	%
1	S24-1004	PARCELA 2	48	21	31	Franco	5.80	0.06	2.93	0.1484	1.6988	6.564	52.110	5.487	4.570	0.667	0.165	0.085	0.000	0.000	"--	100.000	0.000	0.000
2	S24-1005	PARCELA 3	46	19	35	Franco	5.75	0.04	2.61	0.1305	1.5141	15.576	119.588	8.426	6.589	1.333	0.493	0.012	0.000	0.000	"--	100.000	0.000	0.000
3	S24-1006	PARCELA 5	48	21	31	Franco	5.94	0.06	2.99	0.1496	1.7357	5.728	42.354	7.167	5.990	0.938	0.151	0.088	0.000	0.000	"--	100.000	0.000	0.000

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María

analisisdesuelosunas@hotmail.com
WhatsApp: 944407531

Figura 24. Análisis de suelo de la segunda evaluación.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Departamento Académico de Ciencias Agrarias
LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA



"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 ENTOMOLOGÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA, CERTIFICA:

QUE, DE LAS 31 MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS EDAFICOS COLECTADAS EN TULUMAYO POR LA SRTA. MARÍA LIULIANA TOCTO PEÑA, ESTUDIANTE DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, ESPECIALIDAD INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, SE HAN IDENTIFICADO LOS SIGUIENTES ESPECIMENES:

Muestra	Profundidad	Especie/familia	Nro. de individuos
P= 2 años			
M1, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	30
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	20
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	4
		Nemátodos	2
		Adulto de Chrysomelidae	1
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	23
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Larva de Elateridae	1
		Chanchilo de humedad	4
M2, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	9
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	30
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	3
		<i>Porcello laevis</i>	1
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
M3, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	6
		Larva de Elateridae	1
		Larva de Scarabaeidae	1
		Adulto de Chrysomelidae	1
		Adulto de Lycosidae	1
		Caracol	1
M4, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	16
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		<i>Porcello laevis</i>	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	5
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
M5, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	15
		<i>Porcello laevis</i>	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	5
	20 – 30 cm	Aracneidae	1
		Therididae	1

Figura 25. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (a).

M6, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	19
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 – 30 cm	---	---
M7, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	10
	10 – 20 cm	Larva de Scarabaeidae	3
		<i>Porcello laevis</i>	1
		Adulto de Blatellidae	1
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
M8, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	16
		Larva de Scarabaeidae	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	4
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Adulto de Curculionidae	2
M9, P2	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	19
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Adulto de Formicidae	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	3
		Larva de Scarabaeidae	1
	20 – 30 cm	---	---
Muestra	Profundidad	Especie/familia	Nro. de individuos
P = 5 años			
M1, P5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	24
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Adulto de Staphylinidae	1
	20 – 30 cm	---	---
M2, P5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	13
		Larva de Scarabaeidae	1
	10 – 20 cm	<i>Porcello laevis</i>	2
	20 – 30 cm	Adulto de Curculionidae	1
		Adulto de Formicidae	1
M3, P5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	24
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Adulto de Formicidae	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Adulto de Formicidae	1
	20 – 30 cm	---	---
M4, P5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	30
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		<i>Porcello laevis</i>	1
		Adulto de Formicidae	1
		Larva de Scarabaeidae	3
		Ninfa de Cercopidae	1
	10 – 20 cm	Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
M5, P5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	23
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
	10 - 20 cm	---	---

Figura 26. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (b).

	20 - 30 cm	---	---
M6, P5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	13
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 - 30 cm	---	---
Muestra	Profundidad	Especie/familia	Nro. de individuos
P= 1.5 años			
M1, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	21
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
		<i>Porcello laevis</i>	1
		Adulto de <i>Coccinellidae</i>	1
	10 - 20 cm	Larva de <i>Elateridae</i>	1
		Adulto de <i>Formicidae</i>	1
		Adulto de <i>Lycosidae</i>	1
	20 - 30 cm	---	---
M2, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	20
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
	20 - 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
M3, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	18
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Adulto de <i>Scarabaeidae</i>	2
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
M4, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	25
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	6
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 - 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
M5, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	10
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	4
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 - 30 cm	Adulto de <i>Reduviidae</i>	1
M6, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	14
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Adulto de <i>Membracidae</i>	1
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
	20 - 30 cm	---	---
M7, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	18
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	10 - 20 cm	Adulto de <i>Formicidae</i>	1
	20 - 30 cm	---	---
M8, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	15
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	3
		Adulto de <i>Scarabaeidae</i>	1
		Adulto de <i>Formicidae</i>	2
	10 - 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
	20 - 30 cm	---	---
M9, P1.5	0 - 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	11
		Larva de <i>Scarabaeidae</i>	1

Figura 27. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (c).

	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	10
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	8
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	16
		Adulto de Scarabaeidae	1
M10, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	11
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Adulto de Scarabaeidae	2
	20 – 30 cm	---	---
M11, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	12
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Larva de Elateridae	1
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
M12, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	30
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	3
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	6
	20 – 30 cm	---	---
M13, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	17
		Larva de Scarabaeidae	2
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	3
		Millipodo	1
	10 – 20 cm	Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
		Larva de Scarabaeidae	1
		Adulto de Scarabaeidae	1
		Larva de Elateridae	1
	20 – 30 cm	---	---
M14, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	1
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 – 30 cm	---	---
M15, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	15
		Huevo de <i>Lumbricus terrestris</i>	2
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	6
	20 – 30 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	3
M16, P1.5	0 – 10 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	10
	10 – 20 cm	<i>Lumbricus terrestris</i>	1
	20 – 30 cm	---	---

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

TINGO MARIA, 25 DE MARZO DE 2024.



Blgo. M. Sc. José Luis GIL BACILIO
Jefe del Laboratorio de Entomología

Figura 28. Identificación de macrofauna en la primera evaluación (d).



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 85 MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS EDAFICOS ENVIADAS POR LA SRTA. LLULIANA TOCOTO PEÑA, TESISISTA DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, DE LA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, SE HAN IDENTIFICADO LOS SIGUIENTES ESPECIMENES:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Larva de <i>Phyllophaga</i> sp. | (Coleoptera: Scarabaeidae) |
| 2. Adulto de escarábido | (Coleoptera: Scarabaeidae) |
| 3. Adulto de tenebriónido | (Coleoptera: Tenebrionidae) |
| 4. Adulto de cucaracha | (Orthoptera: Blattellidae) |
| 5. Adulto de carábido | (Coleoptera: Carabidae) |
| 6. Larva curculioniforme | (Coleoptera: Curculionidae) |
| 7. Larva eruciforme | (Lepidoptera: Noctuidae) |
| 8. Adulto de termita | (Isoptera: Termitidae) |
| 9. Adulto de tijereta | (Dermaptera: Carcinophoridae) |
| 10. Adulto de ligaeido | (Hemiptera: Lygaeidae) |
| 11. Adulto de crisomélido | (Coleoptera: Chrysomelidae) |
| 12. Adulto de fórido | (Diptera: Phoridae) |
| 13. Adulto de otitido | (Diptera: Otitidae) |
| 14. Adulto de hormigas comunes | (Hymenoptera: Formicidae) |
| 15. <i>Porcellio laevis</i> Latreille | (Isopoda: Porcellionidae) |
| 16. Araña Aracneidae | (Arachnida: Aracneidae) |
| 17. Araña Salticidae | (Arachnida: Salticidae) |
| 19. Escolopendra o ciempiés | (Arthropoda: Chilopoda) |
| 20. Milpies o diplópodo | (Arthropoda: Milipoda) |
| 21. <i>Lumbricus terrestris</i> L. | (Haplotaxida: Lumbricidae) |
| 22. Huevos de <i>Lumbricus terrestris</i> L. | (Haplotaxida: Lumbricidae) |

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

TINGO MARIA, 20 DE AGOSTO DE 2024.


Blgo. M. Sc. José Luis GIL BACILIO
 Jefe del Laboratorio de Entomología
 Celular: 935321630
 F.A. - UNAS

Figura 29. Identificación de macrofauna en la segunda evaluación.

Anexo B: Panel de fotográfico

Figura 30. Reconocimiento de las áreas con plantaciones de *G. angustifolia*.



Figura 31. Medición del monolito (25 x 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad).



Figura 32. Muestreo y colecta de macrofauna en las áreas de estudio.



Figura 33. Colecta de la macrofauna en envases de plástico.



Figura 34. Rotulado de muestras de macrofauna para el laboratorio entomología.

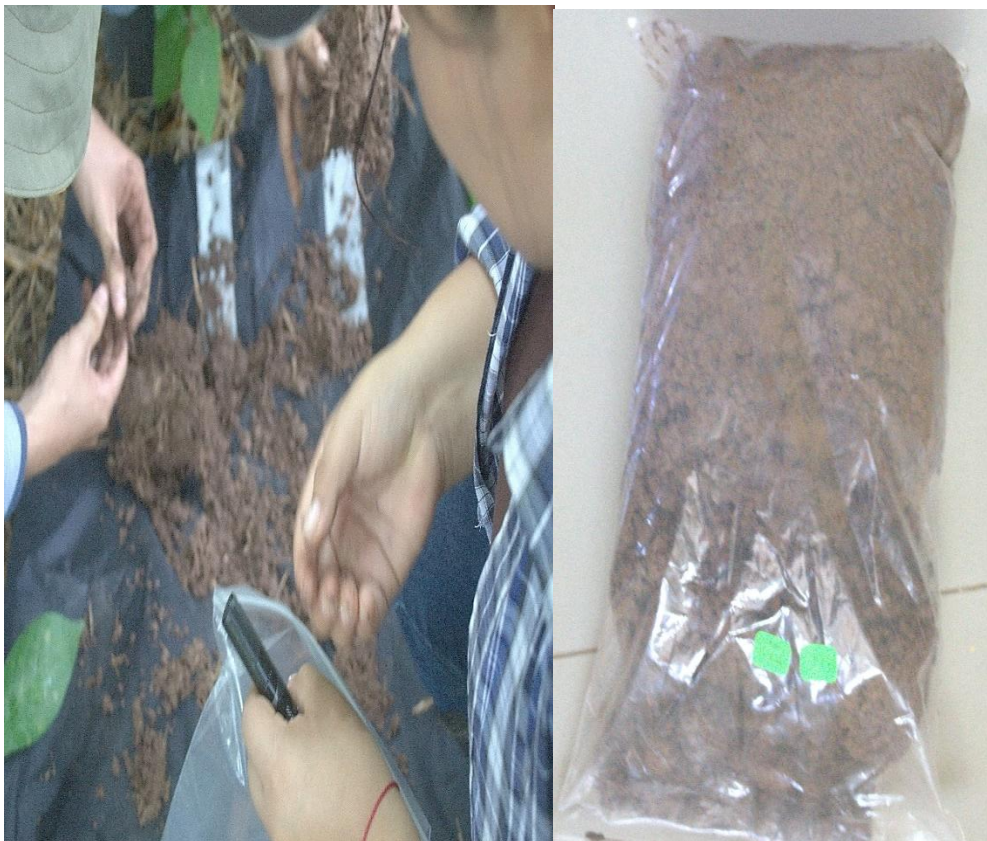


Figura 35. Muestreo del suelo en las tres áreas de estudio.



Figura 36. Peso y cuantificación de la macrofauna del suelo de las de tres áreas.



Figura 37. Visita al área de investigación por el presidente del jurado de la tesis.



Figura 38. Visita durante las evaluaciones por el asesor de la tesis.



Figura 39. Culminación de la primera evaluación de macrofauna y muestro de suelos.



Figura 40. Rotulado de cada monolito a evaluar.



Figura 41. Colocación de carteles en cada plantación de *G. angustifolia*.