

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**



TESIS

**“Evaluación de captura de carbono, caracterización biológica y
fisicoquímica de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata, Madre
de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

AUTOR:

Bach: PUMA APAZA, Jessica

Bach: TORRES VELA, Victor Angel

ASESOR:

Msc. VELA DA FONSECA, Mauro

Puerto Maldonado, agosto 2025

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE
DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**



TESIS

**“Evaluación de captura de carbono, caracterización biológica y
fisicoquímica de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata, Madre
de Dios”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

AUTOR:

Bach: PUMA APAZA, Jessica

Bach: TORRES VELA, Victor Angel

ASESOR:

Msc. VELA DA FONSECA, Mauro

Puerto Maldonado, agosto 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

Primeramente, a Dios, por estar presente por medio de otras personas dándome fortaleza, orientación, cariño y sobre todo brindarme los regalos más valiosos que son la salud y la familia.

A la familia que formé, a mi querida hija Jessie Asiri, ser que me inspira a ser una mejor persona, mi mayor motivación y fuente de amor infinito; a mi compañero de vida Julian, por su apoyo incondicional, su paciencia y su comprensión durante este largo camino.

A mi querida madre Felicitas Apaza Condori, mujer a quien admiro, quien me dá fortaleza para luchar por mis sueños. Por su bondad, por su comprensión, por sus innumerables sacrificios, por sus consejos y sobre todo por estar conmigo siempre.

A mi papá Hilario Challco, por ser una figura de apoyo y guía en mi vida, por ser un abuelo que se ha ganado el cariño de mi hija, por ocupar el lugar que otra persona no quiso, tu presencia ha significado más de lo que las palabras puedan expresar.

A mis hermanas Fernanda, Erica, Rosaura, Alex, Nayely y Ruth, por los momentos buenos y difíciles compartidos, cada uno de ustedes ha sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome su amor, consejos, apoyo y fortaleza.

A todos mis compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente por permitirme compartir momentos fraternos a lo largo de nuestra formación.

Este logro no habría sido posible sin ustedes. Compartimos este éxito juntos, como reflejo de nuestro esfuerzo y cariño compartido.

Con mucho cariño, Jessica.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

En primer lugar, a Dios por darme la fortaleza espiritual y física para seguir adelante y bendecirme con una hermosa familia.

A mi madre Lola Esther Vela Gómez al amor de mi vida, gracias por el amor y el apoyo incondicional gracias a ello he logrado mis metas, su constancia por estar conmigo en los problemas que afronté y por confiar en mí.

A mi padre Nelson Torres Ahuanari por sus grandes enseñanzas e inculcando siempre el respeto, humildad y las ganas de siempre salir adelante a pesar de los obstáculos de la vida.

A mi Hermana Maria Elena Torres Vela por su gran amor que me tiene y su apoyo en todo lo que he pasado, por su valentía en amar y sacar adelante a sus dos hermosas hijas Fernanda Alexandra Carrasco Torres y Rafaela Lía Carrasco Torres.

Agradecer a las personas que estuvieron conmigo en esta etapa y que confiaron en mí en este arduo camino que me alentaron a seguir adelante con sus consejos, aunque algunos ya no están siempre estaré agradecido por su apoyo brindado.

Con mucho cariño, Victor

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento del Programa de Becas de Acierta Amazonia implementado en colaboración con la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), la Universidad Nacional de la Amazonía del Perú (UNAP), el Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), La Universidad de Wake Forest (WFU) y el financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) que fomenta la investigación interdisciplinaria y la búsqueda de soluciones e innovación para mejorar la gestión de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE). Nuestros agradecimientos también por el financiamiento de este trabajo al Programa de Becas TReeS 2024.

A la Dra. Roxana P. Arauco, responsable de Programas Universitarios y Programas Mujer STEM de CINCIA, por su colaboración y acompañamiento. A los propietarios de las áreas de estudio: al Sr. Lucas E. Mamani Yapo, al Sr. Jhon I. Arbex de Morsier, al Sr. Frank Tuesta Rodriguez y al Sr. Gregorio Yupanqui Quispe por permitirnos realizar esta investigación en sus predios.

A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios y a los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por darnos formación profesional a lo largo de nuestra estancia como estudiantes. Agradecemos al Msc. Qco. Liset Rodriguez Achata y en especial a Msc. Mauro Vela Da Fonseca por su apoyo, orientación y acompañamiento durante esta investigación. Y a los Jurados Revisores Dr. Joel Peña Valdeiglesias, M. Sc. Yony Flora Fernandez Herrera, M. Sc. Jimmy Jeanine Miro Agurto y M. Sc. Jorge Santiago Garate Quispe por sus observaciones y sugerencias a lo largo de este estudio.

A nuestros Amigos y compañeros, Alex Patilla, Victoria Huamani, Nay Ruth Cañiri, Said Barrios, Willy Gonzaga, Nixon Lope, Yoshiro Ramos entre otros..., en especial nuestra gratitud a Kevin Mendoza por su colaboración en el trabajo de campo. ¡Muchas Gracias a todos!

TURNITIN_JESSICA PUMA & VICTOR TORRES

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

[Submitted to Free University of Bolzano](#)

Trabajo del estudiante

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

PRESENTACIÓN

Presentamos este informe de tesis de Pregrado, titulado “Evaluación de captura de carbono, caracterización biológica y fisicoquímica de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata, Madre de Dios”, desarrollado como parte de los requisitos para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Esta investigación fue realizada en cuatro turberas de Madre de Dios, conocidas localmente como “aguajales” ubicadas en la provincia de Tambopata y distrito Las Piedras. Los cuatro aguajales estudiados fueron Lago Yacumama, Madama, Bello Horizonte y Bajo Loboyoc. Siguiendo metodologías constituidas en dos fases: de campo y laboratorio.

En la primera fase se colectó muestras de suelo, muestras botánicas y macroinvertebrados del suelo. Y la segunda fase ejecutada en el Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) ubicada en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM); Laboratorio de suelos Forestales; y el Herbario Alwyn Gentry, ambos de la UNAMAD.

Las investigaciones en estos ecosistemas de turberas en el Perú son escasas, aún más en Madre de Dios. Su importancia radica en su rol fundamental de captura y almacenamiento de carbono, lo cual contribuye en gran manera en la mitigación del cambio climático global.

En ese contexto, este estudio busca contribuir a llenar ese vacío de información, proporcionando una base científica que no solo ayudará a comprender mejor las funciones ecosistémicas de las turberas locales, sino que también será una referencia para futuras investigaciones, gestores ambientales, y que sirva de base para la elaboración de políticas públicas que promuevan la conservación de estos ecosistemas.

RESUMEN

Este estudio evaluó la captura de carbono (aéreo, radicular y del suelo), características biológicas (diversidad y composición florística; densidad y biomasa de macroinvertebrados) y características fisicoquímicas del suelo en cuatro turberas amazónicas de Tambopata, Madre de Dios: Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama. Se realizaron inventarios en parcelas Gentry modificado de 0,1 para evaluar biomasa, carbono, diversidad florística en árboles y palmeras ≥ 10 cm DAP, y se tomaron muestras de suelo hasta 200 cm de profundidad para análisis fisicoquímicos y 20 cm de profundidad para evaluar macroinvertebrados del suelo. Bello Horizonte registró mayor abundancia de árboles y palmeras (770 ind/ha) y el más bajo en Madama (523 ind/ha). Lago Yacumama mostró mayor riqueza florística (28 especies) y el más bajo Madama (22 especies), en todas las áreas de estudio predominó la especie *Mauritia flexuosa*, *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria*, la familia con mayor abundancia fue Arecaceae, el H' más alto en Bajo Loboyoc (2,55) y menor en Madama (1,78). La biomasa aérea varió de 147,92 a 425,14 t/ha y la biomasa radicular entre 11,99 y 14,39 t/ha, con un stock de carbono total de 580,50 t C/ha a 1445,01 t C/ha. En las capas superiores el contenido de pH, MO, P, K, CIC y Ca son bastante altos y disminuyen gradualmente en las capas más profundas, en cambio el Mg y Al+H son constantes. En las cuatro turberas se encontró 22 órdenes de macroinvertebrados, las más predominantes fueron Crassicephala, Isoptera e Hymenoptera.

ABSTRACT

This study evaluated carbon sequestration (aboveground, root and soil), biological characteristics (floristic diversity and composition; macroinvertebrate density and biomass) and soil physicochemical characteristics in four Amazonian peatlands of Tambopata, Madre de Dios: Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama and Madama. Inventories were conducted in 0.1 modified Gentry plots to evaluate biomass, carbon, floristic diversity in trees and palms ≥ 10 cm DBH, and soil samples were taken up to 200 cm depth for physicochemical analysis and 20 cm depth to evaluate soil macroinvertebrates. Bello Horizonte recorded the highest abundance of trees and palms (770 ind/ha) and the lowest in Madama (523 ind/ha). Lake Yacumama showed the highest floristic richness (28 species) and the lowest in Madama (22 species), in all study areas the species *Mauritia flexuosa*, *Socratea exorrhiza* and *Euterpe precatoria* predominated, the family with the highest abundance was Arecaceae, with the highest diversity index in Bajo Loboyoc (2.55) and the lowest in Madama (1.78). Aboveground biomass ranged from 147.92 to 425.14 t/ha and root biomass from 11.99 to 14.39 t/ha, with a total carbon stock from 580.50 t C/ha to 1445.01 t C/ha. In the upper layers the pH, MO, P, K, CIC and Ca contents are quite high and gradually decrease in the deeper layers, while Mg and Al+H are constant. In the four peatlands 22 orders of macroinvertebrates were found, the most predominant were Crassiditellata, Isoptera and Hymenoptera.

INTRODUCCIÓN

Las turberas, son ecosistemas tipo humedales con alto valor ecológico en la regulación del clima a nivel mundial. Ocupan cerca del 3% de la superficie terrestre, pero almacenan casi el doble de carbono que la biomasa mundial. Actúan como grandes sumideros de carbono debido a las condiciones de anegamiento y falta de oxígeno, que favorecen la acumulación de turba, un tipo de suelo orgánico. Gracias a estos procesos, las turberas han capturado carbono durante miles de años en sus suelos, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático.

En el contexto de la región amazónica, y particularmente en Madre de Dios, representan un componente esencial del equilibrio ecológico, climático y socioeconómico. Las turberas, conocidas localmente como *aguajales*, presentan pocos estudios científicos en tema de captura de carbono en comparación con otras regiones del país y el mundo. Aún más sobre las características fisicoquímicas del suelo y características biológicas como los macroinvertebrados y composición florística. Esta laguna de conocimiento limita nuestra comprensión sobre las características propias y su contribución a la mitigación del cambio climático.

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo “Evaluar la captura de carbono, las características biológicas y fisicoquímicas de cuatro turberas amazónicas en Tambopata Madre de Dios”, basada en siete objetivos específicos: a) Evaluar la diversidad y composición florística. b) Estimar la biomasa aérea y radicular. c) Estimar el stock de carbono, analizando la captura de carbono aéreo, radicular y a diferentes profundidades del suelo. d) Evaluar las características químicas del suelo, incluyendo pH, materia orgánica y nutrientes (P, K, CIC, Ca, etc.). e) Evaluar las características físicas del suelo. f) Evaluar la densidad y biomasa de macroinvertebrados del suelo. g) Evaluar la diversidad de macroinvertebrados del suelo.

A través de una combinación de metodologías de campo y laboratorio, esta investigación proporciona datos cuantitativos y cualitativos que permiten una comprensión más completa sobre las características de las turberas de Madre de Dios, principalmente la magnitud de su importancia ecológica con la captura de carbono en sus suelos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
PRESENTACIÓN	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Descripción del problema.	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problema específico	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Variables.....	4
1.4.1 Variable Independiente	4
1.4.2 Variable dependiente	4
1.5 Operacionalización de variables	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.6.1 Hipótesis general.....	5
1.6.2 Hipótesis específicas.....	5
1.7 Justificación	6
1.8 Consideraciones éticas.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8

2.1	Antecedentes del estudio.....	8
2.1.1	Antecedentes internacionales	8
2.1.2	Antecedentes nacionales	10
2.1.3	Antecedentes locales	16
2.2	Marco teórico	18
2.2.1	Los humedales	18
2.2.2	Turberas	21
2.2.3	Turba	22
2.2.4	Tipos de las turberas	23
2.2.5	Aguajales	24
2.2.6	Cambio climático y Calentamiento global	25
2.2.7	Captura de carbono en las turberas	26
2.2.8	Degradación de las Turberas	27
2.2.9	Importancia de las turberas	29
2.2.10	Características físicas del suelo	30
2.2.11	Características químicas del suelo	30
2.2.12	Características biológicas del suelo	31
2.2.13	Macrofauna del suelo	31
2.2.14	Diversidad y Composición Florística	32
2.3	Definición de términos	33
2.3.1	Biodiversidad	33
2.3.2	Diversidad	33
2.3.3	Biomasa	33
2.3.4	Biomasa aérea	34
2.3.5	Materia orgánica (MO)	34

2.3.6	Stock de carbono	34
2.3.7	Ecuaciones alométricas	34
2.3.8	Carbono	35
2.3.9	Sumidero de Carbono	35
2.3.10	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	35
2.3.11	Altura total.....	35
2.3.12	Humedal.....	35
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		36
3.1	Tipo de estudio	36
3.2	Diseño del estudio.	36
3.3	Población y muestra	37
3.3.1	Población	37
3.3.2	Muestra	37
3.4	Métodos y técnicas.	37
3.4.1	Ubicación geográfica y política.....	37
3.4.2	Clima	38
3.4.3	Metodología para evaluar la diversidad y composición florística... 39	
3.4.4	Metodología de muestreo de suelo para análisis fisicoquímico 40	
3.4.5	Metodología de muestreo de suelo para análisis de densidad aparente..... 42	
3.4.6	Metodología para la colecta de macroinvertebrados..... 43	
3.5	Tratamiento de los datos.	44
3.5.1	Metodología para evaluar diversidad y composición florística 44	
3.5.2	Metodología para estimar la biomasa aérea y radicular..... 45	

3.5.3	Metodología para estimar stock de carbono de cuatro turberas Amazónicas.	46
3.5.4	Metodología para evaluar las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.	48
3.5.5	Metodología para evaluar las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas	49
3.5.6	Metodología para el análisis de los datos para densidad y biomasa de la macrofauna	49
3.5.7	Metodología para el análisis de datos para diversidad de macrofauna.....	50
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES		51
4.1	Diversidad y composición florística.....	51
4.1.1	Número de individuos, especies, géneros y familias por parcela y localidad.....	51
4.1.2	Índices de diversidad de especies, géneros y familias por parcelas.	52
4.1.3	Similitud de la diversidad florística entre las áreas de estudio	53
4.1.4	Familias más abundantes.	54
4.1.5	Géneros más abundantes.	56
4.1.6	Especies más abundantes.	57
4.2	Biomasa aérea y radicular de cuatro turberas Amazónicas.....	58
4.3	Stock de Carbono de cuatro turberas Amazónicas.....	59
4.3.1	Estimación de carbono aéreo y radicular	59
4.3.2	Estimación de carbono en el suelo.....	61
4.3.3	Stock de carbono total.....	62
4.4	Características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas....	63

4.4.1	pH y Materia orgánica (MO)	63
4.4.2	Fosforo (P) y potasio (K)	65
4.4.3	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Acides cambiabile (Al+H).	67
4.5	Características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.	70
4.6	Densidad y biomasa de macroinvertebrados.....	72
4.6.1	Densidad de macroinvertebrados por localidad	72
4.6.2	Densidad de macroinvertebrados por meses.....	74
4.6.3	Densidad de macroinvertebrados por profundidad.....	76
4.6.4	Biomasa por localidad	80
4.6.5	Biomasa de macroinvertebrados por meses.	82
4.7	Diversidad de macroinvertebrados	83
4.7.1	Diversidad de macroinvertebrados por área de estudio	83
4.7.2	Diversidad de macroinvertebrados por meses de estudio.....	84
4.7.3	Comparación de la diversidad de macroinvertebrados entre las áreas de estudio	86
CONCLUSIONES		87
SUGERENCIAS.....		89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		90
ANEXOS.....		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de Humedales según la Convención RAMSAR.....	19
Tabla 2.	Los humedales según la Estrategia Nacional Humedales	20
Tabla 3.	Coordenadas geográficas de las zonas de estudio.....	38
Tabla 4.	Muestreo de suelos de turbera.....	40
Tabla 5.	Número de individuos, especies, géneros y familias en parcelas de 0,1 ha y la estimación de individuos en 1 ha de turbera.	51
Tabla 6.	Índice de diversidad de Shannon de las especies, géneros y familias de las parcelas de Bajo Loboyoc, Bello horizonte, Lago Yacumama y Madama.	52
Tabla 7.	Índices de diversidad total de las especies forestales de Bajo Loboyoc, Bello horizonte, Lago Yacumama y Madama.	53
Tabla 8.	Biomasa aérea y radicular estimado en t/ha	58
Tabla 9.	Carbono aéreo y radicular estimado en t C/ha.....	60
Tabla 10.	Análisis mecánico, clase textural y densidad aparente (DA) de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	71
Tabla 11.	Diversidad de Shannon H en macroinvertebrados por localidad...	83
Tabla 12.	Diversidad de macroinvertebrados por meses en Bajo Loboyoc. .	84
Tabla 13.	Diversidad de macroinvertebrados por meses en Bello Horizonte.	85
Tabla 14.	Diversidad de macroinvertebrados por meses en Lago Yacumama.	85
Tabla 15.	Diversidad de macroinvertebrados por meses en Madama.	85
Tabla 16.	Similaridad de Bray-Curtis para la composición florística de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	122
Tabla 17.	Familias más abundantes de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	122

Tabla 18.	Géneros más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.....	123
Tabla 19.	Especies mas abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.....	124
Tabla 20.	Biomasa y radicular de la parcela 1 de Bajo Loboyoc.....	126
Tabla 21.	Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bajo Loboyoc.....	126
Tabla 22.	Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bajo Loboyoc.....	127
Tabla 23.	Biomasa y radicular de la parcela 1 de Bello Horizonte.	127
Tabla 24.	Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bello Horizonte.	128
Tabla 25.	Biomasa y radicular de la parcela 3 de Bello Horizonte.	128
Tabla 26.	Biomasa y radicular de la parcela 1 de Lago Yacumama..	128
Tabla 27.	Biomasa y radicular de la parcela 2 de Lago Yacumama..	129
Tabla 28.	Biomasa y radicular de la parcela 3 de Lago Yacumama..	129
Tabla 29.	Biomasa y radicular de la parcela 1 de Madama.....	130
Tabla 30.	Biomasa y radicular de la parcela 2 de Madama.....	130
Tabla 31.	Biomasa y radicular de la parcela 3 de Madama.....	131
Tabla 32.	Porcentaje de materia orgánica y porcentaje de carbono.	132
Tabla 33.	Stock de carbono total en t C/ha de cuatro turberas Amazonicas.....	132
Tabla 34.	Densidad total de macrofauna del suelo, en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama del Distrito “Las Piedras”.	132
Tabla 35.	Densidad total de macroinvertebrados del suelo por meses en la turbera de Bajo Loboyoc.....	133
Tabla 36.	Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera de Bello Horizonte.....	134

Tabla 37.	Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera del Lago Yacumama.....	134
Tabla 38.	Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera de Madama.	135
Tabla 39.	Densidad de macroinvertebrados en los seis meses de estudio.	135
Tabla 40.	Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Bajo Loboyoc.	136
Tabla 41.	Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Bello Horizonte.	136
Tabla 42.	Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Lago Yacumama.	137
Tabla 43.	Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Madma....	137
Tabla 44.	Biomasa de macroinvertebrados por localidad.	137
Tabla 45.	Biomasa de macroinvertebrados por meses.	138
Tabla 46.	Similaridad de Bray-Curtis de macroinvertebrados en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Emisiones antropogénicas netas totales de GEI, 1990-2022	26
Figura 2:	Mapa de ubicación de las áreas de estudio	38
Figura 3:	Barreno muestreador de turba tipo ruso, izquierda: sección transversal vista desde arriba, derecha sección longitudinal vista desde lado.	41
Figura 4:	Procedimiento de muestreo de suelo para análisis de densidad aparente.	42
Figura 5:	Metodología de muestreo de macroinvertebrados del suelo, izquierda: el marco muestreador metálico, derecha: monolito para evaluar macroinvertebrados del suelo.	43
Figura 6:	Dendrograma de Similitud de Bray-Curtis.	54
Figura 7:	Familias más abundantes de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	55
Figura 8:	Géneros más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	56
Figura 9:	Especies más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama	57
Figura 10:	Almacenamiento de carbono del suelo a diferentes profundidades (I: 0-10 cm, II:10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).	61
Figura 11:	Carbono aéreo, radicular, de turba y carbono total de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	63
Figura 12:	pH y MO del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II:10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).	65
Figura 13:	Fosforo (P) y Potasio (K) del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II:10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).	66

Figura 14: CIC, Ca, Mg y Al+H del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II:10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm), meq 100g ⁻¹ : miliequivalentes por 100 gramos.	69
Figura 15: Densidad de macroinvertebrados por localidad	73
Figura 16: Densidad de macroinvertebrados por meses.....	76
Figura 17: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad I (hojarasca) de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	77
Figura 18: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad de II (0 a 10 cm) en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	79
Figura 19: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad de 0 a 10 cm en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama...	80
Figura 20: Biomasa de los macroinvertebrados de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.	81
Figura 21: Biomasa de los macroinvertebrados por meses. Donde: mes 1=setiembre, mes 2=octubre, mes 3=noviembre, mes 4=diciembre, mes 5=enero y mes 6=febrero.....	83
Figura 22: Similaridad de Bray-Curtis de macroinvertebrados en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama	86
Figura 23: Fase de campo. A. Instalación y delimitación de parcelas de 50x20 m; B. Extracción de muestra del suelo; C. Marcado o plaqueado de árboles; D. Escalada o subida a los árboles; E. Colecta de macro invertebrados; F. Recopilación del DAP de los árboles; G. Colecta de las especies; H. Identificación y rotulado de las especies botánicas.	140
Figura 24: La especie <i>Mauritia flexuosa</i> L.f con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación y frutos.....	141

Figura 25: La especie evaluada <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) Wendl. A. con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación.....	142
Figura 26: La especie <i>Euterpe precatoria</i> Mart con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación.....	143
Figura 27: Diversidad de especies evaluadas: A. <i>Cariana domestica</i> Miers; B. <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart) H.Wendl; C. <i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.); D. <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl; E. <i>Richeria grandis</i> Vahl Vahl; F. <i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret; G. <i>Mauritia flexuosa</i> L.f; H. <i>Symponia globuliferia</i> L.f; I. <i>Ficus yoponensis</i> Desv; J. Ahihua K. <i>Hedyosmun racemosum</i> G.Don; L. <i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	144
Figura 28: Diversidad de especies evaluadas. M. <i>Ficus americana</i> Aubl. Aubl; N. <i>Astrocaryum murumuru</i> Mart; Ñ. <i>Cecropia sciadophylla</i> Mart; O. <i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Benth; P. <i>Oxandra mediocris</i> Diels; Q. <i>Protium unifoliolatum</i> Engl; R. <i>Hura creoitans</i> L; S. <i>Pachira aquatica</i> Aubl; T. <i>Virola duckei</i> A.C.Sm; U. <i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC; V. <i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith; W. <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	145
Figura 29: Prensado, secado y conservación de especies botánicas evaluadas. A. Especie botánica adecuada; B. Área del proceso de prensado; C. Prensado y secado en el horno convencional; D. Especie botánica secada; E. Depósito de las muestras botánicas en el Herbario Alwyn Gentry.....	146
Figura 30: Fase de Laboratorio. A. Colocación de muestras de suelo a los platos de aluminio ignífugos; B. Aplastado de las nuestras de suelos; C. Observación del perfil del suelo seco; D. Muestras de suelos polvorizadas en crisoles; E. Pesado de la muestra de suelos seca en la balanza analítica; F. Evaluación e identificación de macro invertebrados.....	147
Figura 31: Ordenes de macro invertebrados evaluados. A. Crassiclitellata; B. Isoptera; C. Hymenoptera; D. Blattodea; E. Coleoptera; F. Araneae.....	148

Figura 32: Órdenes de macroinvertebrados evaluados. G. Chilopoda; H. Dermaptera; I. Diplopoda; J. Hemiptera; K. Orthoptera; L. Lepidoptera. 149

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Matriz de operacionalización de las variables.
- Anexo 2.** Matriz de consistência.
- Anexo 3.** Instrumentos de analisis físico-químico
- Anexo 4.** Instrumento de identificación de muestras botânicas.
- Anexo 5.** Solicitudes de autorizaciones para realización del estudio en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama
- Anexo 6.** Consentimiento informado de autorización de estudio en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama
- Anexo 7.** Bases de datos y fotografías elaborados durante la investigación.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema.

Las turberas son ecosistemas ricos en carbono, ocupan un área que varía entre 185 y 423 millones de hectáreas (Mha) de la superficie terrestre mundial (Ribeiro et al. 2021), representando sólo alrededor del 3% (Doelman et al. 2023), sin embargo, almacenan aproximadamente el doble de carbono que la biomasa forestal del mundo (Humpenöder et al. 2020). La mayoría de las turberas a nivel global se encuentran en las regiones templadas y boreales, mientras que la superficie total de las turberas tropicales es sólo de 90 a 170 Mha (Ribeiro et al. 2021).

Los ecosistemas con mayor densidad de carbono se encuentran en las turberas tropicales del Sudeste Asiático, África Central, Centroamérica y Sudamérica que cubren unos 440000 km² y almacenan alrededor de 105 gigatoneladas (Gt) de reserva de carbono subterráneo (Page et al. 2022), pero el cambio en el uso de la tierra ha provocado la desaparición de grandes turberas, lo que se ha relacionado con importantes emisiones de gases de efecto invernadero (Hastie et al. 2022). Se estima que en América del Sur se encuentra el 11,5% de las turberas del mundo que ocupan el 2,7% de la superficie total del continente sudamericano (Xu et al. 2018).

Algunas de las turberas tropicales de tierras bajas más grandes se encuentran en Indonesia y Perú (Lilleskov et al. 2019). En la Amazonia peruana las turberas cubren un área de 62714 km² con un stock de carbono de 5,4 (2,6–10,6) PgC, que se acerca a todo el stock de carbono terrestre del Perú, pero está presente en solo el 5% del suelo del país (Hastie et al. 2022).

Las turberas son un tipo de humedales donde se forma la turba con la vegetación muerta que se descompone lentamente como resultado de los bajos niveles de oxígeno provocados por los altos niveles de agua, estos suelos se diferencian de los suelos minerales por su alto contenido de carbono y turba de varios metros de profundidad (López et al. 2020).

Es crucial el estudio de macroinvertebrados del suelo en las turberas ya que estos organismos contribuyen en los ciclos biogeoquímicos de estos ecosistemas ricos en carbono influyen directamente en el ciclo del carbono, afectando en su capacidad como sumideros de CO₂, regulando la estructura del suelo especialmente en las turberas por ser suelos saturados y compactos; por el impacto en la biodiversidad por su interacción con otras especies como plantas, animales y microorganismos, haciendo complejo las redes tróficas de las turberas. El estudio de la macrofauna ayuda a entender cómo conservar estas funciones frente al cambio climático y a las alteraciones humanas, para la mitigación del cambio climático y la gestión sostenible de los recursos naturales.

Las turberas tropicales están siendo sometidas ahora a cambios intensivos en el uso de la tierra y a su conversión a formas de agricultura, incluidas las plantaciones comerciales (Rieley y Page 2016). A escala local y global, las turberas y los bosques tropicales brindan importantes beneficios ecológicos, climáticos y socioeconómicos. Sin embargo, las actividades antrópicas como la agricultura, la extracción de madera, el drenaje de turba y los incendios asociados amenazan estos ecosistemas y los beneficios que proporcionan (Harrison et al. 2020).

Las turberas son ecosistemas recientemente estudiados en la Amazonia Peruana, específicamente en Madre de Dios existen pocos estudios sobre captura de carbono, caracterización florística, y aun no hay antecedentes en investigaciones sobre macrofauna edáfica y características fisicoquímicas de los suelos en turberas Amazónicas, esto implica que estén abiertas múltiples líneas

de investigación, por lo tanto, este estudio pretende cubrir este vacío de información en la literatura científica.

1.2 Formulación del problema

Para esta investigación nos planteamos las siguientes preguntas:

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo será la captura de carbono, caracterización biológica y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata Madre de Dios?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cómo será la diversidad y composición florística de cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cuánto será la biomasa aérea y radicular de cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cuánto será el stock de Carbono de cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cuál será las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cuál será las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cuánto es la densidad y biomasa de macroinvertebrados del suelo en cuatro turberas Amazónicas?
- ¿Cómo es la diversidad de macroinvertebrados del suelo en cuatro turberas Amazónicas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la captura de carbono, las características biológicas y fisicoquímicas de cuatro turberas amazónicas en Tambopata Madre de Dios.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la diversidad y composición florística de cuatro turberas Amazónicas.
- Estimar la biomasa aérea y radicular de cuatro turberas Amazónicas.
- Estimar el stock de carbono de cuatro turberas Amazónicas.
- Evaluar las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.
- Evaluar las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.
- Evaluar la densidad y biomasa de macroinvertebrados del suelo en cuatro turberas Amazónicas.
- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados del suelo en cuatro turberas Amazónicas.

1.4 Variables

1.4.1 Variable Independiente

- Turberas amazónicas
- Características físicas del suelo
- Características químicas del suelo
- Características biológicas (vegetación y macrofauna) del suelo

1.4.2 Variable dependiente

- Stock de carbono aéreo
- Stock de carbono del suelo
- Diversidad de especies arbóreas
- Composición florística
- Biomasa arbórea

- Densidad de macrofauna
- Biomasa de la macrofauna
- Riqueza y diversidad de macrofauna

1.5 Operacionalización de variables

En la **Anexo 1** se detalla la matriz de operacionalización de las variables para esta investigación.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en la captura de carbono, las características biológicas y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata, Madre de Dios.

1.6.2 Hipótesis específicas

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en la diversidad y composición florística entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en la biomasa aérea y radicular entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en el stock de carbono del suelo, aéreo y radicular entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en las características químicas del suelo entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en las características físicas del suelo entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en la densidad y biomasa de macroinvertebrados entre las cuatro turberas amazónicas.

Hipótesis alterna H₁: Existen diferencias en la diversidad de macroinvertebrados del suelo entre las cuatro turberas amazónicas.

1.7 Justificación

La economía en Madre de Dios se basa principalmente en la extracción desmedida de los recursos, como la tala selectiva con fines madereros o la deforestación de los bosques para la ganadería, agricultura y la minería aurífera, estas prácticas hacen que la biodiversidad se vea comprometida, y ponen en riesgo los ecosistemas de alto valor ecológico que incluye a las turberas Amazónicas.

Esta investigación resalta la importancia de las turberas para la ecología y la población, por ser un ecosistema de almacenamiento de grandes cantidades de carbono y agua, además son fuentes de ingreso económico en el aprovechamiento del fruto del aguaje (*Mauritia flexuosa*), lo que ayudará en la valoración de las turberas para la toma de decisiones políticas y sociales para un desarrollo sostenible, lo que puede contribuir a reducir los efectos del cambio climático, además esta investigación contribuirá a la comunidad científica sobre la comunidad vegetal y macrofauna que alberga en este tipo de habitat, como la cantidad de carbono del suelo y el tipo de vegetación arbórea que alberga estas turberas, lo que será un antecedente que abrirá nuevas líneas de investigación científica.

1.8 Consideraciones éticas

Para el proceso de ejecución de este proyecto de investigación se realizaron todos los tramites documentarios necesarios como: solicitud de permiso a los propietarios para el ingreso a las cuatro turberas, donde se determinaron las parcelas de muestreo para la colecta de muestras de suelo, macrofauna y botánica. El análisis químico del suelo fue realizada y certificada por el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, las muestras botánicas fueron identificadas y certificadas por el Herbario “Alwyn Gentry” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

Este estudio de tesis de pregrado cumple con los parámetros establecidos por la Ley Universitaria, el Estatuto de la UNAMAD y el Reglamento General de Grados y Títulos conferida por la UNAMAD. Asimismo, los resultados obtenidos son de propiedad intelectual y serán dispuestos a disposición de la comunidad científica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

En Chile Díaz et al. (2008) evaluaron y compararon la composición florística y los niveles de agua subterránea de dos tipos de turberas: las turberas con profundidades mayores a 30 cm de turba que son las turberas naturales y las turberas antropogénicas con menor a 30 cm de profundidad de turba o sin turba. Se registraron 74 taxones, las especies con mayor frecuencia fueron *Myrteola nummularia*, *Sphagnum magallánica* y *Gaultheria antarctica*, presentes en cada punto de estudio, solo en las turberas naturales se reportaron *Drosera uniflora*, *Tetraplodon mnioides* y *Pinguicula antarctica* y *Tetroncium magellanicum*; mientras que en las turberas antropogénicas encontraron especies propias de pastizales y bosques como *Aster vahlii*, *Centella asiatica*, *Ugni molinae*, *Blechnum magellanicum*, *Campsidium valdivianum*, etc. Los autores señalan que las diferencias de la composición florística permiten distinguir los dos tipos de turberas evaluadas, donde existe mayor semejanza florística entre las turberas naturales que las antropogénicas ya que estas son más heterogéneas entre sí.

Welemariam et al. (2018) evaluaron la abundancia y diversidad de macroinvertebrados del suelo generadas por diferentes prácticas de conservación (Tierras de pastoreo comunal no conservadas, Terrazas en tierras de pastoreo, Cerramientos con Terrazas y Exclusión solamente), profundidad del suelo (0 a 10, 10-20 y 20-30 cm) y época (húmeda y seca). Emplearon el método de biología y fertilidad del suelo tropical (TSBF). El 55% de la densidad

de macroinvertebrados se encontró en los Cerramientos con Terrazas, 26% en Terrazas en tierras de pastoreo y 19% en las tierras de pastoreo comunales. El índice de diversidad de Shannon fue más alto (1,21) en los cercados sostenidos con terrazas y el más bajo (0,9) se observó en las tierras de pastoreo comunal no conservadas. La diversidad también fue significativamente ($P < 0,05$) más alta (1,26) en la estación húmeda que en la seca (0,70). La abundancia de macroinvertebrados del suelo fue mayor en la profundidad del suelo superior (0-10 cm) que en la inferior (10-20 y 20-30 cm). La abundancia de macroinvertebrados del suelo se correlacionó positiva y fuertemente con la humedad del suelo ($R^2 = 0,85$) y el stock de carbono orgánico del suelo ($R^2 = 0,95$). Sin embargo, se correlacionó negativamente ($R^2 = -0,71$) con la densidad aparente.

Patiño y Rangel, (2018) identificaron la composición de la macrofauna del suelo como caracterización biológica de los humedales de Tibanica y determinaron la relación que existe con algunas propiedades fisicoquímicas del suelo, además evaluaron la riqueza, dominancia y diversidad de especies. Tomaron 12 sitios de muestreo y siguieron la metodología propuesta por el International Tropical Soil Biology and Fertility Program y reportaron un total de 636 organismos de 30 morfoespecies, 24 familias, 11 órdenes y 6 clases. Determinaron que si existe una relación entre la composición de la macrofauna del suelo y las propiedades fisicoquímicas evaluadas en los puntos de muestreo.

En Ecuador Vera-Aviles et al. (2020), compararon la diversidad de la macrofauna del suelo, representada por artrópodos en 2 agroecosistemas (monocultivo y especies mixtas) con diferentes características de suelo y regímenes de precipitación, el sitio La Maná a 354 m.s.n.m. y El Carmen a 250 m.s.n.m. Los artrópodos presentaron mayor abundancia en el sistema mixto en ambas localidades, lo que estuvo claramente asociado con la calidad de los suelos. Los himenópteros fueron más abundantes en la localidad de La Maná. La época del año tuvo una influencia altamente significativa en la mayoría de los órdenes encontrados.

En Colombia Coronel (2021), evaluó el almacenamiento de carbono a través de diversas ecuaciones alométricas en un ecosistema poblada por la especie *Mauritia flexuosa* de un bosque inundable (lámina superficial de agua de 48 cm/mes) y la dinámica del carbono en el tiempo. La investigación se hizo en 1 parcela de 1 ha, se midieron los individuos de todos los tamaños solo para la especie *M. flexuosa*, en cambio para otras especies solo consideraron $DAP \geq 10$ cm. Estimó 183,55 Mg/ha de biomasa área y 91,77 MgC/ha del moretal de los cuales el 38,36% fue atribuida a la especie *M. flexuosa*. Determinó que la biomasa fue 6% más por individuo comparado con otros ecosistemas similares, además reportó que las hojas de *M. flexuosa* generan 12,34% más de biomasa al almacenamiento de carbono, con una media de 34,14 Mg/ha/año de biomasa y 17,57 MgC/ha/año, sugiriendo la importancia de incluir la biomasa foliar para los estudios de secuestro de carbono.

Irma, Purwanto y Zulfahmi (2023), describieron la diversidad de especies florísticas de árboles en el bosque pantanoso de turba en Indonesia. Establecieron 10 parcelas de muestreo de 50 x 50 m, calcularon los siguientes parámetros: densidad, frecuencia y dominancia de una especie para agregar el Índice de Valor de Importancia (IVI) así como el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener (H'). Como resultado encontraron 16 especies existentes en esas turberas arbóreas nativas, la composición de estas especies se refleja a partir del IVI obtenido, siendo el valor mayor para la especie de *Calophyllum insularum* (0,49) y *Shorea platycarpa* (0,41), catalogándose estas dos especies como dominantes en el bosque. El resultado del índice de biodiversidad de Shannon Wiener fue 2,48.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la cuenca Pastaza-Marañón, Lähteenoja y Page (2011) describieron la diversidad de las turberas amazónicas en 9 sitios de estudio. Determinaron el espesor de las turberas en muestras de turba de 2 puntos por sitio cada 500 m desde el borde hacia el centro con el muestreador de turba ruso. Se analizaron muestras de toda la profundidad y muestras superficiales <90 cm para determinar

MO, da y el contenido de nutrientes como Ca, Mg, Mn y Fe de las turbas. Los valores de MO en la mayoría de la turba superficial fueron altos 82–98%, y de 3 sitios fue menor 63%, 69% y 74%. En cuanto a los nutrientes, 4 sitios fueron pobre y 6 sitios rico en nutrientes El pH del agua superficial fue menor en los sitios pobres (3,8–3,9) que en los sitios ricos en nutrientes (4,4–6,1). También midieron la topografía de 4 turberas, 2 de las turberas tenían forma de domo (5,4 y 5,8 m por encima del arroyo), una tenía una pendiente suave (1,4 m por encima del arroyo) y una era plana y se encontraba detrás de un dique de 7 m de altura. Mediante la teledetección identificaron 5 tipos de bosque de turbera, que representan un gradiente desde turberas ombrotróficas y minerotróficas, los sitios pobres en nutrientes fueron turberas forestadas, y los sitios ricos en nutrientes fueron pantanos de palma *M. flexuosa*, turberas abiertas con palmas *M. flexuosa* dispersas o turberas forestadas

En los Humedales de Jalca, Navarro, (2012) estudió las características fisicoquímicas del suelo como la temperatura, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, PH, Amonio y Nitratos en épocas de lluvia y seca, caracterizó un total de 28 humedales, recolectaron 52 muestras en 4 sectores: Huayabamba (11), Yonan (13), Quinguyacu (16) y Yampiú (12). Determinó que las turberas tienen un promedio de Oxígeno disuelto (5,63 mg/lit), PH (8,39 mg/lit), NH_4 (0,54 mg/lit) y N_3 (1,88 mg/lit). En cuanto a características físicas las turberas tienen temperatura de 13,04 °C y CE de 129,21 us/cm.

En Ucayali, García, Honorio y Del Castillo (2012) han calculado el carbono aéreo, la necromasa y del suelo (COS) en los aguajales de la parte baja (150-164 m.s.n.m.) y alta (300-360 m.s.n.m.) en 18 parcelas temporales de 25 x 100 m, en 2 de estas parcelas se midió la biomasa de árboles con $\text{DAP} \geq 10$ cm, en una parcela de 100 m² midieron los individuos con DAP de 5 a 9,9 cm, en una parcela de 25 m² a los individuos con DAP de 1,5 a 4,9 cm y en pequeños cuadrantes de 1 x 1 m los individuos con $\text{DAP} < 1,5$ cm, estas parcelas fueron ubicados aleatoriamente en la parcela principal de 2500 m², para calcular la biomasa se empleó ecuaciones alométricas. Para determinar COS muestrearon

de 0 a 25 cm y de 25 a 50 cm y el análisis de carbono se realizó utilizando el método de Walkley & Black (1934). Los autores concluyen que el COS de ambas zonas presentó mayor carbono promedio total y el mayor stock de carbono se encuentra en los aguajales de la parte baja que en los aguajales de la zona alta.

En Huánuco, en el Parque Nacional Tingo María, Sagawa Vasquez (2014), evaluó la densidad, biomasa y diversidad de los macroinvertebrados en Bosque Primario (BP), Bosque Secundario (BS), Sistema Agroforestal café (SAC), Sistema Agroforestal cultivos (SA). Para la colecta emplearon la metodología de muestreo recomendado por Tropical Soil Biology And Fertility (TSBF). Encontraron 896 ind/m² en el SAC y SA, 880 ind/m² en el BP y 713,60 ind/m² en el BS. Encontraron 16 unidades taxonómicas (ut), 13 de ellos en BP, BS y SAC y 12 en el SA. En todas las áreas de estudio *Oligochaeta* fue la más dominante, en el BP llegó al 59% del total. En el SAC se reportó la mayor biomasa (18,55 g/m²), seguido del SA (15,45 g/m²), del BP (9,64 g/m²), y del BS (8,03 g/m²).

En Loreto, Draper et al. (2014) calcularon la extensión y reservas de carbono en ecosistemas de turberas mediante análisis de teledetección y datos de campo que incluyen 24 parcelas de censo forestal de 0,5 ha y 218 mediciones de espesor de turba para cartografiar la distribución de los tipos de vegetación de turberas y estimar el contenido de carbono sobre y bajo del suelo en estos ecosistemas. Encontraron que las turberas de la PMFB cubren $35\,600 \pm 2133$ km² y contienen 3,14 (0,44–8,15) PgC. almacenando 892 ± 535 Mg C ha. Han descubierto que los bosques de turberas (pole forest-varillales) contienen 1391 ± 710 Mg C ha, considerándolo como el ecosistema con mayor densidad de carbono identificado en la Amazonia.

En la Reserva Nacional Pacaya Samiria (Loreto) Freitas-Alvarado y Flores (2015), instalaron una parcela permanente de muestreo de 1 ha, dividida en 25 subparcelas de 20 m x 20 m para estudiar la ecología y características silviculturales de *Mauritia flexuosa* distribuida en 4 estados de desarrollo: brinzales, latizales, fustales y palmeras adultas. El bosque presentó 443

brinzales, 94 latizales, 45 fustales y 144 palmeras adultas, de los cuales el 17,36% fueron plantas hembras y el 82,64% machos, además los datos que recopilamos también comprenden la forma y la iluminación de la copa.

En San Martín, Lao (2017) evaluó la captura de Carbono calculando el valor de la biomasa aérea y necromasa en la zona de aguajales, para ello consideró especies con DAP $\geq 7,5$ cm y se utilizó ecuaciones alométricas no destructivas para las 872 especies encontradas en el ecosistema de aguajales con una cantidad total de 82,73 MgCha de carbono y 1,29 MgCha en necromasa de hojarasca de 9 muestras. La captura de carbono de la biomasa aérea por parcela tuvo un porcentaje superior de 52,99 MgC/ha respecto a la necromasa de hojarasca que fue inferior con un 1,29 MgC/parcela. El mayor porcentaje de captura y contenido de carbono con un promedio de 51% y 53% respectivamente, fue para la especie *Mauritia flexuosa*, en comparación con las otras especies juntas.

En las turberas de Iquitos, Linares (2018), investigó cómo los suelos ricos y pobres en nutrientes influyen en la variación de la densidad básica de madera del fuste (DBMF), para ello la composición florística de turberas, ubicando parcelas de 0.5 ha aleatoriamente con un distanciamiento de 500 m, solo realizaron muestreo de árboles con DAP ≥ 10 cm. En total, registró 4836 individuos, pertenecientes a 113 especie, 23 morfoespecies, 111 géneros y 60 familias botánicas. Los resultados indicaron que el género *Pouteria* presenta los valores más altos del promedio de DBMF, concluyendo que si existe una influencia de los nutrientes del suelo en la densidad básica de la madera del fuste (DBMF) en las turberas amazónicas.

En Ucayali, Díaz (2019) determinó el contenido de Carbono almacenado en cinco turberas amazónicas del distrito Coronel Portillo (Aguajal BAM, Picuro, Chachibai, Saposoa y Kaliola), en función a su nivel de profundidad. Utilizando la "Barrena de turba rusa" con distanciamiento de 500 m colectaron muestras de 10 cm por cada 50 cm de turba, con los cuales determinaron la densidad, Materia

orgánica, cantidad de Carbono y la profundidad de las turberas. Encontraron que la cantidad de carbono fue de 6,883 MtC y una tasa de almacenamiento de 264.4 tCha-1. Las turberas más profundas fueron Chachibai (5,28 m) y en Picuro (5,25 m). En Aguajal de BAM y Saposoa encontraron los valores máximos y mínimos de la densidad ($0,1144 \text{ g/cm}^3$ y $0,08606 \text{ g/cm}^3$) y porcentaje de MO (51,36% y 32,79%).

En Amazonas, Rojas et al. (2021) evaluaron la macrofauna edáfica y las características fisicoquímicas del suelo en 4 cultivos de café, Nuevo Belén (NB), San Isidro (SI), San Isidro Alto (SIA) y Santa Rosa (SR) en diferentes altitudes 985, 990, 1186 y 1720 m.s.n.m., respectivamente. En 1 ha de cultivo emplearon 3 monolitos de $25 \times 25 \times 30 \text{ cm}$ para el muestreo de macroinvertebrados en época lluviosa y de estiaje. Determinaron MO, pH, CE y N. Para el análisis de diversidad de los macroinvertebrados no encontraron diferencias significativas respecto a las altitudes, pero sí según época del año. El pH del suelo tuvo una correlación negativa con la altura, en las fincas de menor altitud fue de 7,8 a 8,15 y para las fincas de mayor altitud entre 6,38 y 6,65. Mientras que el N tuvo una correlación positiva con la MO.

En Loreto, (Honorio Coronado et al. 2021) investigaron los ecosistemas de turberas de “Pastaza-Marañón Foreland basin (PMFB)” siglas en inglés, para lo cual emplearon 102 parcelas forestales para el análisis florístico y la estimación de la biomasa y 217 mediciones del contenido de carbono y la densidad aparente seca para cuantificar las reservas de carbono orgánico del suelo. Determinaron que los bosques polares de turberas son diferentes en cuanto a la flora y están dominados por especies como *Pachira nitida* (Malvaceae), *Platycarpum loretense* (Rubiaceae) y *Hevea guianensis* (Euphorbiaceae), Por el contrario, los pantanos de palmeras y las turberas abiertas están dominados por *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). en cuanto a espesor de turba los resultados fueron: bosques polares de turberas ($274 \pm 22 \text{ cm}$, media $\pm 95\%$ IC, $n = 184$), turberas abiertas ($282 \pm 46 \text{ cm}$, $n = 46$) pantanos de palmeras ($161 \pm 17 \text{ cm}$, $n = 220$) y bosques inundables estacionalmente, tierra firme y bosques de arena blanca donde la

turba es escasa o ausente. El bosque polar de turberas presentó densidad de carbono excepcional ($1,133 \pm 93 \text{ Mg C ha}^{-1}$).

En Huánuco, Casimiro Salazar (2022), evaluó las propiedades físicas y químicas del suelo en dos Sistemas Agroforestales de cacao variedad CCN - 55 con Capirona y cacao variedad aromática CPM - 15 con bolaina blanca, además de cuantificar la densidad y biomasa de macrofauna en ambos SA. Identificaron 14 órdenes de macroinvertebrados, el SA de cacao con Capirona tuvo una densidad de 1028 ind/m^2 y biomasa de $7,12 \text{ g/m}^2$, en cambio el SA Cacao con bolaina blanca presentó densidad de 758 g/m^2 y biomasa de $14,1 \text{ g/m}^2$. Correlacionaron los indicadores físicos y químicos del suelo con la densidad y biomasa de la macrofauna, y encontraron que los SA se relacionan con el %MO, N, P disponible, resistencia a la penetración del suelo en función de la densidad de los macroinvertebrados del suelo.

En Loreto Flores, et al. (2022) llevó a cabo un estudio durante 2.5 años en parcelas forestales permanentes en cuatro pantanos de palmeras, cuatro bosques inundables estacionalmente y cuatro bosques de turberas, donde realizaron mediciones continuas de la profundidad del nivel freático y pH del agua intersticial y la conductividad eléctrica. Encontraron turba en 8 de los 12 sitios; y no están asociados a la turba 3 bosques inundables estacionalmente y un pantano de palmeras. Además, evaluaron la composición florística en árboles $\geq 10 \text{ cm}$ de DAP. La variación en la composición florística entre los distintos tipos de bosques estuvo relacionada con la altura máxima de inundación y el pH: los bosques estacionalmente inundados alcanzan hasta 3.66 m desde la superficie del suelo y presentan un pH alto (6–7), los pantanos de palmeras tienen niveles intermedios de hasta 1,34 m de inundación, mientras que los bosques de turberas experimentan inundaciones poco profundas de hasta 0,28 m y tienen un pH bajo (4). Por lo tanto, la presencia de turba se relacionó con la variación en la profundidad máxima del nivel freático, encontrándose turba superficial en todos los bosques donde esta profundidad no cae más de 0,55 m por debajo de la superficie del suelo.

2.1.3 Antecedentes locales

En la cuenca del río Madre de Dios Householder et al. (2012) investigaron la distribución, volumen, geomorfología, diversidad de hábitat de las turberas y la profundidad en cada 100 m a lo largo de transectos lineales de 1-4 km, donde identificaron 295 turberas que cubren 294 km² y varían en tamaño de 10 a 3.500 ha y la profundidad promedio de la turba fue de $2,54 \pm 1,84$ m ($n = 429$ en 10 turberas), sin embargo, encontraron profundidades de hasta 9 m y el 10% de las mediciones excedieron los 5 m. Estimaron volumen de turba almacenada en un humedal (250 ha) cerca a la Estación Biológica Los Amigos (5,85 Mm³ o 2,34 Mm³/km²) y el volumen total de turba almacenada en las turberas de Madre de Dios es de 657 ± 119 Mm³. La geomorfología del subsuelo resultó en una mayor heterogeneidad dentro del hábitat y explicó el 35% de la variación de los valores de píxeles extraídos de las imágenes Landsat™. Las turberas de Madre de Dios, están especialmente amenazadas a escala local por la alteración del hábitat en las tierras altas y la minería de oro en las llanuras aluviales.

Pillaca y Florez, (2014) determinaron el stock de carbono en la biomasa aérea y necromasa en seis tipos de vegetación: bosque semicaducifolios densos en planicies, complejo de chacras y purmas, comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas, comunidades pantanosas de palmeras *Mauritia flexuosa* o aguajales; y comunidades pantanosas arbóreas, renacales y palmeras en la comunidad de Puerto Arturo. Para estimar la biomasa en comunidades pantanosas de palmeras *Mauritia flexuosa* o aguajales instalaron 3 parcelas de muestreo de 35 x 35 m donde inventariaron árboles mayores a 5 cm de DAP, el resultado de contenido de carbono promedio para comunidades pantanosas de palmeras *Mauritia flexuosa* o aguajales fue de 121,72 MgCha⁻¹ y biomasa de 243,34 Mg/ha.

En Laberinto e Inambari, Ccoycca (2018) estudió la macrofauna del suelo en 25 predios de Sistemas Agroforestales, donde empleó monolitos de acuerdo a la metodología del manual de “Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) en transectos de 25 a 50 m de largo en cada área de estudio. Los resultados

mostraron una densidad total 163,09 ind/m² distribuidos en 20 órdenes, de los cuales las órdenes de mayor densidad fueron Haplotaquída con 69,97 ind/m² (42,90%), Hymenóptera con 27,52 ind/m² (16,88%), Isoptera con 26,88 ind/m² (16,48%), y Coleoptera con 12,59 ind/m² (7,72%). Respecto a la biomasa reportó un total de 17,09 gr/m² de los cuales sólo Haplotaquída con 12,71 gr/m² (74,41%) y Coleoptera con 1,5 gr/m² (8,87%) fueron los órdenes más resaltantes. Encontró baja diversidad de la macrofauna con valores de 0,09; 2,60 y 0,68 para los índices de Simpson, Shannon y Evenness, respectivamente.

En Pampa Hermosa, Las Piedras, Sánchez Díaz (2018) evaluó el efecto de 4 sistemas de uso del suelo (Plantación de Monocultivo-Shiringa, bosque protegido, Sistema Agroforestal, y un área con cobertura de pasto-brachiaria) en la densidad y biomasa de la macrofauna edáfica, y las características fisicoquímicas del suelo, en temporada de lluvias de Diciembre a Mayo, con el método de muestreo sugerido por el “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF). Se encontró mayor densidad en el sistema agroforestal (414,5 ind/m²), y la mayor biomasa y diversidad en el pastizal (20,26gr/m²). Concluyó que el contenido de K y la CIC del mismo influye en la macrofauna del suelo, cuanto mayor son mayor población de macroinvertebrados existen.

En seis áreas de estudio de Manu, Linares y Quispe (2018), compararon la dominancia, distribución y diversidad florística en 4 formaciones de bosque: bosque tierra firme, llanura inundable, pantano estacional y terraza aluvial, en árboles > 10 cm de DAP en 21 PPM de 1 ha. Reportaron 11 890 árboles, distribuidos en 83 familias, 335 géneros y 1064 especies; los rangos de abundancia varían entre 404 ind/ha y 684 ind/ha y los valores de riqueza de especies varían desde 133 especies/ha hasta 197 especies/ha entre los 4 tipos de bosques. Asimismo, proyectaron un total de ≥ 1600 especies en los bosques de tierras bajas del departamento de Madre de Dios.

En Rodal Semillero Fundo “El Bosque”, propiedad de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD, Alvarez-Montalván et al.

(2021), realizaron inventario forestal de individuos ≥ 10 cm de DAP, en 5 bloques con 2 parcelas rectangulares de 20m x 500m. Evaluaron 4429 individuos e identificaron 254 especies, 165 géneros y 53 familias. Los patrones de distribución de clases diamétricas y altimétricas fueron típicos de bosques intervenidos. La media de los índices de diversidad de Shannon Wiener y α -Fisher fue $4,039 \pm 0,16$ y $39,90 \pm 9,23$; respectivamente, los cuales, indican que existe una alta diversidad de especies. Las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart, *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav, *Euterpe precatoria* Mart, *Tachigali vasquezii* Pipoly, estas especies aprovecharon la apertura de dosel por talas e incrementaron su abundancia y dominancia en el área. Por otro lado, *Ocotea bofo* Kunth, *Bertholletia excelsa* Bonpl, *Eschweilera coriácea* (DC.) S.A. Mori, dominan el bosque, sin embargo, tienen baja abundancia, a causa de los cambios en la composición florística después del aprovechamiento de madera.

Ponce de Leon y Huaylla Ttito (2023), estudiaron la población de macroinvertebrados en dos tipos de bosque: bosque de terraza alta y bosque de palmeras. En el bosque de terraza alta reportaron 14 órdenes y el más abundante fue Isóptera con 842 ind/m², de un total de 1820 ind/m². En el bosque inundable de palmeras, se encontraron 18 órdenes de macroinvertebrados, siendo el más abundante Scolopendromorpha con 685 ind/m² de 2125 ind/m². No encontraron diferencias significativas entre la densidad de macroinvertebrados en ambos tipos de bosque, sin embargo, sí en la biomasa, siendo mayor en el bosque de terraza alta.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Los humedales

Los humedales son zonas en las que el agua es el principal factor que controla el medio ambiente y la vida animal y vegetal asociada. Se dan donde el nivel freático está en la superficie de la tierra o cerca de ella, o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas (Ramsar Convention Secretariat 2013).

Las estimaciones de humedales tropicales y subtropicales alcanzan los 4,7 millones de km² (Mkm²), el continente americano es el principal contribuyente (45%), y Brasil contiene el área de humedales tropicales más grande (800,720 km²) (Gumbricht et al. 2017)

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas – Convención RAMSAR de 1971 acordada en Irán, tiene un concepto amplio de humedales, lo cual es más comúnmente utilizada y aceptada internacionalmente.

Según el texto de la Convención en su Artículo 1.1, los humedales se definen como: “extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Ramsar Convention Secretariat 2013) En general, se reconocen cinco grandes tipos de humedales.

Tabla 1. *Tipos de Humedales según la Convención RAMSAR*

Marinos	Humedales costeros que incluyen costeras, costas rocosas, praderas marinas y arrecifes de coral
Estuarinos	Deltas, marismas de marea, marismas y manglares)
Lacustres	Humedales asociados a lagos
Fluviales	Humedales a lo largo de ríos y arroyos
Palustres, significa «pantano»	Marismas, pantanos y ciénagas.

Fuente: (Ramsar Convention Secretariat 2013)

En 1991 Perú aprobó el tratado intergubernamental: la Convención RAMSAR, y mediante Decreto supremo N° 005-2013-PCM crea La Comisión Multisectorial de naturaleza permanente llamada “Comité Nacional de Humedales”, que tiene el objetivo de fomentar la correcta gestión de los

humedales a nivel nacional y asegurar el seguimiento de la implementación de los compromisos asumidos bajo la Convención RAMSAR.

El Comité Nacional reflejó sus esfuerzos en la Estrategia Nacional de Humedales, en la cual menciona que la superficie de aguajales y pantanos amazónicos sería 447 728 ha. Un grupo técnico creado por el Comité tuvo el encargo de desarrollar la definición nacional de humedales, la responsabilidad recayó en el SERFOR. Como resultado se desarrolló la primera definición oficial de humedales para el país, que fue incorporada en el Decreto supremo N°004-2015-MINAM- Estrategia Nacional Humedales: “las extensiones o superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce, salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características, que proveen servicios ecosistémicos”.

Tabla 2. *Los humedales según la Estrategia Nacional Humedales*

Humedales costeros	Manglares, lagunas, estuarios' albuferas, deltas, oasis' pantanos.
Humedales andinos	Lagos, lagunas, bofedales, manantiales, puquios, turberas, humedales de páramos, kársticos andinos
Humedales amazónicos	Lagos y lagunas, complejos de orillares, kársticos amazónicos, pantanos amazónicos (aguajales, renacales, pungales, pantanos mixtos de palmeras, pantanos herbeceos, pantanos arbustivos), bosques de tahuampa, sabanas inundables de palmeras, varillales húmedos.

Fuente: Decreto supremo N°004-2015-MINAM- Estrategia Nacional Humedales.

En el Decreto Supremo N° 006-2021-MINAM establece las Disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales. En el artículo 32 dedicado a la conservación de turberas, se define a estas como: “humedales que acumulan turba de manera natural”. Además, subraya sus beneficios ecosistémicos, en el contexto de la adaptación y mitigación del cambio climático, así como su relevancia socioeconómica.

2.2.2 Turberas

Las turberas son un tipo particular de humedal que se forman cuando las condiciones anóxicas y anegadas (saturación y escasez de oxígeno) evitan que se produzca la descomposición y crean depósitos de turba (Vitt, 2013), lo que resulta en la acumulación de turba que sustenta el crecimiento de las plantas y la formación de nuevas capas de turba (Mozafari et al. 2023).

Las estimaciones de la extensión mundial de las turberas oscilan entre 185 y 423 Mha (Ribeiro et al. 2021), por otro lado, 100 y 460 Mha que cubren cerca al 3 % de la superficie terrestre y se pueden encontrar turberas en el ártico, regiones boreales, templadas y tropicales (Minasny et al. 2019).

Alrededor del 80% de las áreas de turberas se encuentran en climas templados-fríos en el hemisferio norte, extendidas en las zonas boreales y subárticas (Premke et al. 2016) mientras que las tropicales cubren solo un área total de 90 a 170 Mha (Ribeiro et al. 2021).

Se estima que Asia ocupa el 38,4%, América del Norte representan el 31,6%, seguidas de Europa (12,5%), América del Sur (11,5%), África (4,4%) y Australia y Oceanía (1,6%) de la superficie de turberas del mundo (Xu et al. 2018). Sin embargo, el Mapa Mundial de Turberas 2.0 creado a partir de datos recogidos de publicaciones revisadas por expertos y organismos nacionales, complementados con trabajos de teledetección, revela que la mayoría de las turberas del mundo se encuentran en Asia (33%), Norteamérica (32%), América Latina y el Caribe (13%), Europa (12%) y África (8%). El 2% restante se reparte entre Oceanía y las islas subantárticas (UNEP 2022).

Se extiende un total de 170 Mha de turbera para los trópicos y subtrópicos (Gumbricht et al. 2017), los principales contribuyentes al área y volumen de turberas tropicales están: Brasil (18%, 20%), Indonesia (13% y 18%), RDC (7%, 10%), China (5%, 3%), Colombia (4%, 5%), Perú (4%, 6%), Estados Unidos (4%, 2%), Bangladesh (3%, 3%), India (3%, 2%) o Venezuela (3%, 4%), que representan el 80% del área de turbera tropical (Gumbricht et al. 2017), además

calcularon el área, volumen y contenido de carbono de turberas a nivel de continentes.

Perú, en sus ecosistemas amazónicos cubre alrededor de 74644 km² de área de turbera, contiene 449 (385–453) Gm³ de volumen de turba, tiene 5.2–6.0 m de profundidad, y representa el 4% y el 6% del área y volumen total de turberas tropicales (Gumbrecht et al. 2017). Incluyen los ecosistemas de bosque pantanoso de palmeras, bosque de palos, pantano de hierbas y arbustos; y bosque inundable (López Gonzales M et al. 2020). Las turberas de tierras bajas de la Amazonía peruana cubren un área de 62,714 km² (Hastie et al. 2022) y 43,617 km² se concentran en la cuenca noreste del río Pastaza-Marañón (Hergoualc'h et al. 2023)

En la cuenca de Madre de Dios se identificó 295 turberas que cubren 294 km² a lo largo del río, y varían en tamaño de 10 a 3 500 ha, principalmente en la franja de los meandros del río Madre de Dios, con una profundidad media de turba de $2,54 \pm 1,84$ m, algunas de hasta 9 m y el 10% de las mediciones excedieron los 5 m, estimando 657 ± 119 Mm³ de volumen total de (Householder et al. 2012).

2.2.3 Turba

La turba tiene como compone principal los fragmentos de plantas que no se han descompuesto completamente y se han acumulado en la superficie del suelo en condiciones cercanas a la saturación del agua (Xu et al. 2018), formado por al menos un 30% (masa seca) de MO muerta (Joosten y Clarke 2002), aunque normalmente con un umbral superior del 50% y una profundidad mínima de 30 a 40 cm (Dargie et al. 2017). La turba generalmente se forma cuando la cantidad de MO producida mediante la fotosíntesis supera la cantidad perdida durante la descomposición (Vitt, 2013). La cantidad de C en la turba depende de la extensión, el espesor y la densidad de la turba y se puede calcular de dos maneras: un modelo de deposición y un modelo contable (Minasny et al. 2019).

2.2.4 Tipos de las turberas.

Las turberas están significativamente influenciadas por la hidrología, la química y vegetación asociadas, y son de dos tipos: los pantanos y las turberas. Los pantanos son turberas que son minerotróficas, mientras que las turberas son ombrotróficas. Las turberas y pantanos pobres son ácidos y dominados por turba, mientras que los pantanos fértiles son alcalinas y dominados por verdaderos musgos, cuyos restos suelen ser el componente más abundante de la turba no descompuesta (Vitt 2013).

Desde un punto de vista geoquímico e hidrológico, las turberas se clasifican en minerotróficas y ombrotróficas (Hempel et al. 2013; Chesworth 2007).

Minerotróficos: se forman bajo la influencia del agua proveniente de los límites exteriores de la cuenca de acumulación y/o de las aguas subterráneas. Al recibir solutos del área circundante (minerales ferromagnésicos añadidos, óxidos y/o hidróxidos, etc.), la hidrólisis de los minerales añadidos influirá en el pH (Neto et al. 2023).

Ombrotrófico: no se ve afectado por las aguas subterráneas locales o nivel freático, sino únicamente por fuentes atmosféricas como lluvia y/o nieve. La vegetación viva y en descomposición predomina en el ambiente y el pH está determinado básicamente por la disociación de los grupos funcionales carboxílicos en la MO muerta (Neto et al. 2023).

Las turberas están en función de sus componentes principales: la turba y el agua. La turba contiene escasos nutrientes y desorbe iones de nutrientes en lugar de adsorberlas, por lo que su función principal es brindar soporte físico a las plantas. Los niveles de nutrientes en el agua de las turberas son muy bajos y se filtran gradualmente debido a la lluvia. Por otro lado, la solubilidad del oxígeno en el agua de la turbera también es muy baja, razón por la que las raíces no pueden absorber nutrientes ya que depende de la energía respiratoria, que requiere un suministro de O₂ desde el exterior de las raíces (Osaki et al. 2021).

Las turberas tropicales se diferencian de las turberas boreales y templadas, particularmente en términos de condiciones climáticas, formación de material de turba y cubierta vegetal. Las turberas tropicales se forman por las altas temperaturas y las abundantes precipitaciones. Se componen principalmente de restos de plantas leñosas no descompuestas y turba que a menudo están cubiertas por bosques tropicales (Dohong, Aziz y Dargusch 2017).

Swindles et al. (2018) sugieren que las sequías futuras pueden conducir a fases de rápida acumulación de C en algunas turberas tropicales inundadas, aunque esto puede conducir en última instancia a un cambio hacia la ombrotrofia y un posterior retorno a una acumulación más lenta de C. Por el contrario, en los domos de turba ombrotróficos, las sequías pueden provocar una reducción de la acumulación de C o incluso una pérdida neta de turba.

2.2.5 Aguajales

La especie *Mauritia flexuosa*, es una palmera ecológica, cultural y económicamente importante que se encuentra en toda América del Sur tropical (Virapongse et al. 2017). Crece en ecosistemas de bosques inundables de la amazonia, siendo típica de turberas permanentemente anegadas (Wang et al. 2022). Es conocida en Brasil como "buriti" (Barboza et al. 2022), en Perú como *aguaje*, sus frutos son el producto forestal no maderable más importante derivado de estos ecosistemas (Schulz et al. 2019). Las comunidades de palmeras de aguaje son llamadas aguajales, donde se colectan sus frutos también denominadas *aguaje*.

Muchas especies animales dependen del fruto de la palma como alimento y de sus rodales como hábitat de los guacamayos y otros mamíferos como el tapir. Se considera una especie clave dada la cantidad de especies y el grado de dependencia para alimento y refugio (Virapongse et al. 2017)

Los frutos del aguaje se cosechan principalmente cortando palmeras hembras, dejando los troncos en el suelo para la recolección de gorgojos de palma llamados *suri* (*Rhynchophorus palmarum*), una fuente de alimento local,

y para construir caminos para facilitar el transporte del fruto a través del bosque inundado (Hergoualc'h et al. 2017).

2.2.6 Cambio climático y Calentamiento global

Los gases de efecto invernadero en la atmósfera ha ido incrementando, tras la Revolución Industrial, principalmente por la quema de combustibles fósiles y otras actividades antrópicas, lo que ha provocado un cambio climático mundial caracterizado por el aumento de la temperatura (Lou et al. 2019).

En este escenario mundial, la comunidad internacional ha formulado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kioto y otras organizaciones relacionados con el cambio climático (Wang, Zhao y Wang 2018) como el Acuerdo de París que fue adoptado por más de 170 países en 2015, con el objetivo de limitar el calentamiento global a niveles muy por debajo de los 2 °C o incluso 1,5 °C en comparación con los niveles preindustriales (Rogelj et al. 2019).

Sin embargo, según el *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2023*, en el Acuerdo de París en 2015, se proyectaba que las emisiones de GEI al 2030, aumentarían un 16% al momento del acuerdo. Actualmente el aumento proyectado es del 3%. Sin embargo, las emisiones de GEI estimadas para 2030 aún deben recortarse en un 28% para el objetivo de los 2 °C del Acuerdo de París y en un 42% para la intentar alcanzar los 1,5 °C (UNEP 2023).

Los gases de efecto invernadero (GEI) más estudiados son el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (NO₂), metano (CH₄) y el ozono (O₃) (Ordóñez y Masera 2016). Siendo los principales causantes del calentamiento global el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que a nivel global, son originados en los sectores de energía (25,9%), industria (19,4%), silvicultura (17,4%) y agricultura (13,5%) (Zamora et al. 2018).

Los GEI emitidos a nivel global del 2009 al 2018 fueron más altos que en cualquier década anterior, en 2018 ascendieron a $58 \pm 6,1$ Gt CO₂ eq. (gigatoneladas de CO₂ equivalente) que consisten en la emisión de CO₂ de la

combustión de combustibles fósiles y la industria (FFI) $38 \pm 3,0$ Gt CO₂ ; CO₂ del cambio de uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF) $5,7 \pm 4,0$ Gt CO₂ y entre otros fuentes menores (Minx et al. 2021). Por otro lado, entre 2021 y 2022 alcanzaron 57,4 GtCO₂e en 2022, lo que indica que aumentaron en 1,2% (UNEP 2023). Esto debido a la pandemia del COVID 19 del 2021 que paralizó a todo el mundo.

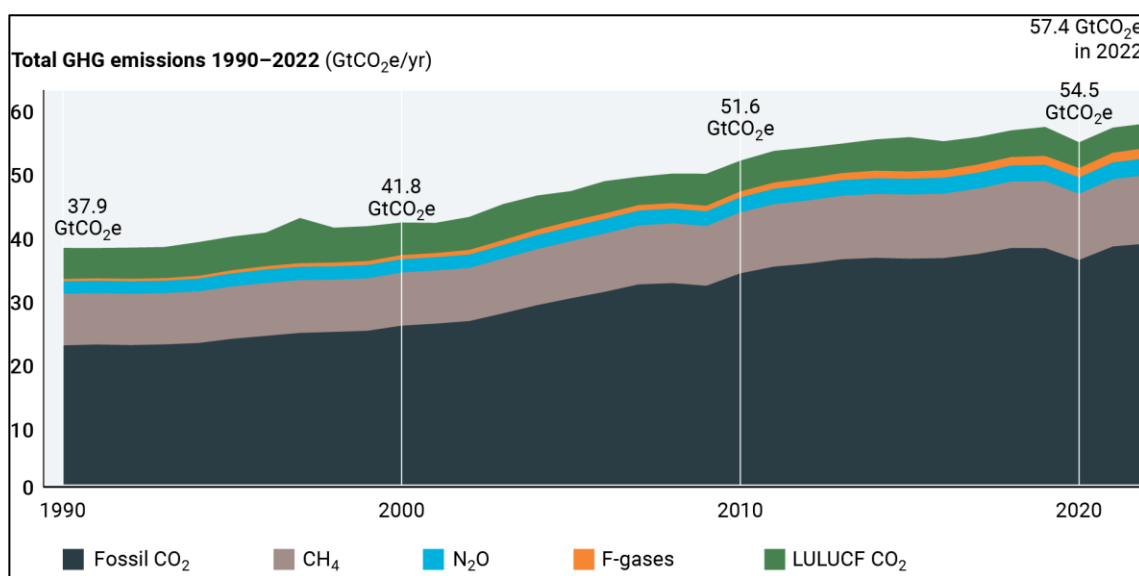


Figura 1: Emisiones antropogénicas netas totales de GEI, 1990-2022

Fuente: UNEP Informe sobre la brecha de emisiones 2023

2.2.7 Captura de carbono en las turberas

Los principales GEI que tienen C en su composición y que se presentan de forma natural en el ambiente es el CO₂ y el CH₄, pero sus emisiones son intensificadas por las actividades antropogénicas (IPCC 2013, 2022 citado por Araujo et al. 2023). La acción internacional para hacer frente al cambio climático se dirige principalmente a reducir las fuentes de CO₂ y aumentar la captura del mismo.

Como la mayor reserva de carbono de los ecosistemas terrestres, los bosques cumplen un papel relevante en la adaptación y mitigación del cambio

climático mundial, los ecosistemas forestales utilizan la fotosíntesis para fijar el CO₂ de la atmósfera en las plantas y los suelos en forma de biomasa (Huang et al. 2020).

Las estimaciones de la biomasa aérea total de la Amazonia (AGB) para el bosque de tierra firme basadas en datos del censo forestal y detección remota, varían de 58 a 134 Pg C (Draper et al. 2014). Sin embargo, hay otra reserva significativa de carbono en la Amazonia que se encuentran en las turberas. Las estimaciones de existencias de C en las turberas varían entre 113 y 612 mil millones de toneladas de C, que equivale a aproximadamente entre el 5% y el 20% de las reservas mundiales de C del suelo, entre el 15% y el 72% del C atmosférico y entre el 18% y el 89% de la biomasa mundial de C terrestre (Minasny et al. 2019).

Por lo tanto, es importante las estimaciones de almacenamiento de carbono de las turberas locales, ya que se enfrentan a un futuro incierto, que podría aumentar o disminuir estas reservas de carbono en función de los cambios climáticos y de las actividades consumistas.

2.2.8 Degradación de las Turberas

Las turberas también brindan numerosos servicios ecosistémicos a la población local, incluido el mantenimiento de la calidad del aire y el agua, la provisión de recursos forestales madereros y no madereros y el apoyo a las poblaciones de peces para el consumo local (Harrison et al. 2020). También juegan un papel ecológico, económico y cultural importante en el bienestar humano, aunque se consideran sensibles al cambio climático y las presiones antropogénicas (Xu et al. 2018).

Estos ecosistemas tienen una gran capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono (CO₂) y MO estabilizadas por las condiciones anóxicas causadas por las capas freáticas altas y, por tanto, tienen el potencial de mitigar el cambio climático (Lilleskov et al. 2019). Sin embargo, está en función de si siguen siendo sumideros o se convierten en fuentes de CO₂, las grandes

reservas de C de las turberas son sensibles a cualquier cambio climático o hidrológico que reduzca los niveles freáticos, lo que provocaría un aumento de la oxidación por microorganismos e incendios (Turetsky et al. 2015). Es decir que son más vulnerables que cualquier otro tipo de ecosistemas.

Cuando el oxígeno penetra en las capas superiores de la turba, la degradación microbiana provoca una rápida pérdida de la turba y emisiones principales de CO₂ y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera, además, las turberas degradadas pierden carbono disuelto en los cursos de agua, este al oxidarse parcialmente aporta CO₂ y metano (CH₄) a la atmósfera (UNEP 2022). Actualmente las turberas degradadas son responsables del 2% al 3% de las emisiones antropogénicas globales (Doelman et al. 2023).

En la Evaluación Mundial de las Turbera publicada por UNEP (2022) revela tres descubrimientos clave.

Primero, alrededor del 12% de las turberas mundiales están degradadas, generando la pérdida de las reservas de carbono; 500 000 ha de turba se destruyen cada año, lo que equivale a una degradación diez veces superior al de su expansión en los últimos 10 000 años a causa de las actividades antrópicas.

Segundo, la degradación de las turberas, excluidos los incendios, está liberando unas 2 000 Mt CO₂ e de GEI anual, cerca al 4% del total de las emisiones antropogénicas mundiales, el 85% de estas emisiones proceden de 25 partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Tercero, la diversidad de definiciones de turberas empleadas en diferentes partes del mundo obstaculiza los esfuerzos por identificar, mapear y gestionar las turberas de manera internacional.

Las turberas han captado el interés mundial, en el Parlamento Andino del 2018, en el marco climático y energético de la Unión Europea (UE) para 2030; destaca que: los bosques, las tierras agrícolas y los humedales, desempeñarán

un rol importante en la realización del Acuerdo de París. En este marco, a partir de 2021, todos los países miembros de la UE deben informar sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de humedales, además existen otras iniciativas internacionales sobre turberas como la FAO, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el Global Peatlands Initiative (Minasny et al. 2019).

Las turberas tropicales de la Amazonia, África y Nueva Guinea están muy extendidas y se aprovechan de forma mucho menos intensiva, incluso se describen como intactos en su paisaje, su hidrología y su cubierta vegetal no está fragmentada ni sustancialmente degradada por las actividades antrópicas (Roucoux et al. 2017). Sin embargo, sufren una amenaza creciente a causa de la explotación de sus recursos y la expansión agrícola en los países en desarrollo (Swindles et al. 2018).

En el contexto del futuro cambio climático, es decir, en el siglo XXI las turberas amazónicas podrían pasar de ser un sumidero a una fuente de emisiones de carbono (Wang et al. 2018). Preservar la capacidad de las turberas para secuestrar carbono y sus reservas sustanciales de carbono en el suelo es crucial si queremos lograr un mundo sin emisiones de dióxido de carbono (CO_2) para el año 2050 y detener el calentamiento global (Harrison et al. 2020).

2.2.9 Importancia de las turberas

Las turberas son ampliamente reconocidas por ser ecosistemas que actúan como grandes almacenes de agua dulce que influyen en el clima y la hidrología local, por ser sumideros de carbono, fuente de especies raras y recurso económico para la población (Díaz et al. 2008). Además presentan una serie de servicios ecosistémicos como absorción de CO_2 , una biodiversidad única, proporción de medios de vida y valores culturales para la población local (López et al. 2020) sin embargo el cambio climático y el rápido cambio del uso del suelo

están degradando las turberas, liberando a la atmósfera el carbono almacenado (Minasny et al. 2019).

Específicamente, las turberas amazónicas representan importantes reservas de carbono y hábitats, y son archivos importantes de información climática y ecológica del pasado (Swindles et al. 2018). Perú es uno de los países con turberas más ricos de los trópicos, se extienden con una superficie de 74 644 km² en la Amazonía y 13 800km² en los andes (López et al. 2020).

2.2.10 Características físicas del suelo

El suelo es un medio poroso que físicamente consta de tres fases: sólido, líquido y gaseoso. Las proporciones ideales de las tres fases del suelo deben ser 45% minerales, 25% de agua, 25% aire y 5% MO, para proporcionar un entorno favorable para el crecimiento de las plantas (Jaramillo, 2002).

Las características físicas del suelo sugeridas como indicadores de su calidad son: “La estructura, la densidad aparente, la estabilidad de los agregados, la infiltración, la profundidad del suelo superficial, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hidráulica saturada” (García, Ramírez y Sánchez, 2012).

Específicamente, la turba en estado natural, está formada por restos de plantas en descomposición y se diferencia por su baja densidad y su alto contenido en MO > 90%, también tiene una elevada porosidad que supera el 90% de su volumen (Lennartz y Liu 2019).

2.2.11 Características químicas del suelo

Las características químicas del suelo actúan como indicadores de las condiciones que influyen en las interacciones entre el suelo y la planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad hídrica y nutrientes para las plantas y los microorganismos. Entre las características químicas del suelo se incluyen: “la disponibilidad de nutrimentos, el carbono orgánico total, el carbono orgánico lábil, el pH, la conductividad eléctrica, la

capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, los cambios en MO, el nitrógeno total y el nitrógeno mineralizable” (García, Ramírez y Sánchez 2012). Para el caso de las turberas, de manera general, la turba está compuesta por 59% de Carbono; 0,6% de hidrógeno, 33% de oxígeno y 2% de nitrógeno (Díaz, 2019).

2.2.12 Características biológicas del suelo

El suelo es "la parte del planeta con mayor diversidad biológica", según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998). La descomposición de la MO es acelerada por los organismos del suelo, que también aumentan la nutrición de las plantas, la resistencia a la erosión y la absorción y almacenamiento de agua. La diversidad biológica del suelo, el tamaño de los grupos de organismos que viven allí y sus actividades están influenciados por prácticas de manejo como la labranza, el control fitosanitario, el manejo de residuos de cultivos, la cobertura del suelo y la fertilidad (Jaramillo, 2002). El Soil Quality Institute-SQI (1999) considera la producción de dióxido de carbono del suelo como un indicador confiable de la actividad biológica, que incluye raíces vivas, así como microorganismos, meso y macroorganismos que habitan en el suelo.

2.2.13 Macrofauna del suelo

La macrofauna, como parte fundamental de la biodiversidad terrestre, brinda diversos servicios ecosistémicos como: la descomposición de MO, el suministro de nutrientes para las plantas, el mantenimiento de la estructura del suelo, el movimiento y la retención del agua en el perfil del suelo, el control biológico de plagas y enfermedades, el secuestro y la liberación del carbono, y en la regulación de la composición de gases atmosféricos y del cambio climático (Morlue et al. 2021). Los responsables de estas funciones son los distintos grupos funcionales y taxonómicos que forman parte de la macrofauna edáfica. Su composición, abundancia y diversidad varía en dependencia de la estructura de la vegetación, la cobertura del suelo y las condiciones edafoclimáticas (Machado et al. 2020).

El cambio del uso del suelo y la intensidad en el manejo del mismo, generan un impacto indirecto sobre la composición taxonómica y funcional, la abundancia, la riqueza y diversidad de los macroinvertebrados del suelo (Bufebo, Elias y Getu 2021). Otros factores que inciden sobre los macroinvertebrados, resultan ser los de origen edáfico condicionados por la pérdida de la cobertura vegetal (tipo de suelo, contenido de nutrientes y MO, pH, textura, estructura, temperatura y humedad), y los de origen climático (precipitaciones, viento, temperatura y humedad relativa del aire) (Machado et al. 2020).

Esta macrofauna se puede dividir en tres grupos funcionales (detritívoros, herbívoros y depredadores), teniendo estos una estrecha relación con la evolución y la productividad del suelo (Cabrera, 2014). Los macroinvertebrados están conformada por animales invertebrados visibles a simple vista, con diámetro mayor a 2 mm y mayor o igual a 10 mm de largo, que viven toda su vida o una parte de ella dentro o sobre la superficie del suelo, en la hojarasca y los troncos caídos en proceso de descomposición (Brown et al., 2001) citado por (Cabrera, 2014). Por otro lado, Gongalsky, (2021) propone que la macrofauna del suelo se defina como todos los invertebrados e insectos que viven en el suelo, cuyo tamaño oscile entre 2 mm y 30 mm.

En el caso de los ecosistemas de turberas, la calidad del suelo depende de la tasa de descomposición de la turba y la profundidad de la misma. La descomposición, el ciclo del carbono, la redistribución de nutrientes y la agregación del suelo están influenciados por la macrofauna del suelo. La macrofauna del suelo debe tener cualidades como respuesta específica, sensibilidad a las condiciones cambiantes y abundancia para ser un indicador biológico de la calidad del suelo (Maftu'ah, Alwi y Willis 2018).

2.2.14 Diversidad y Composición Florística

La composición florística está influenciada por la dinámica del bosque y la ecología de sus especies, además de factores ambientales como ubicación, clima, suelo y topografía. Para replicar la composición de la flora de árboles

forestales durante la restauración del hábitat, la restauración forestal, el manejo y la conservación de los recursos forestales, es crucial conocer su composición (Llacsahuanga, 2015). Las comunidades vegetales pueden entenderse y compararse mediante sus características de diversidad y composición floral. El concepto de diversidad tiene dos componentes principales: la riqueza de especies y la equidad, la riqueza se refiere al número de especies de la comunidad, mientras que la equidad se refiere a la proporción relativa de cada especie, teniendo en cuenta la posible presencia de especies dominantes y raras en la comunidad. Por otro lado, se entiende por composición florística propiamente dicha el número de especies vegetales presentes en un sitio, teniendo en cuenta su densidad, distribución y biomasa (Cano y Stevenson, 2009) .

2.3 Definición de términos

2.3.1 Biodiversidad

Es la variedad de los seres vivos que se puede manifestar en los tres niveles de expresión biológica: ecosistemas, especies y genes. La diversidad genética, que se refiere a las variedades genéticas subespecíficas; la diversidad especies taxonómicas de flora y fauna; y la diversidad de ecosistemas en un área geográfica (Núñez, González y Barahona 2003).

2.3.2 Diversidad

“La diversidad de especies considera tanto el número de especies; como el número de individuos o abundancia de cada especie existente en un lugar determinado. Se evalúa mediante índices, que son herramientas utilizadas en estudios florísticos y ecológicos para comparar la diversidad de especies, ya sea entre tipos de hábitat, tipos de bosques, etc” (Saldaña-Chafloque et al. 2022).

2.3.3 Biomasa

“Cantidad total de todo material biológico. La masa combinada de todos los animales y plantas que habitan en un área específica o de una determinada

población. Generalmente se expresado en peso seco por área” (Márquez, Jara y Benaute 2021).

2.3.4 Biomasa aérea

En los ecosistemas de especies forestales la biomasa se divide en biomasa área que incluye el fuste, ramas y follaje; y biomasa subterránea que es la más cara y complicada de estudiar por tratarse de las raíces (Gárete y Blanco, 2013) citado por (Hernández et al. 2017). La Biomasa aérea es un indicador para estimar la condición, desarrollo y rendimiento del árbol y así determinar la cantidad de carbono que almacena en su cubierta vegetal (Hernández, et al. 2017). Para calcular la biomasa aérea es necesario medir la altura comercial que es desde el suelo hasta la copa del árbol, esto nos dará una medida; pero si la medición no corresponde a una estimación precisa, se necesitará un modelo, como los datos de la Amazonia, que incluya valores de altura para estimarla. (Quinto, 2010).

2.3.5 Materia orgánica (MO)

Es un indicador del porcentaje de carbono de los suelos por pérdida de masa por ignición (LOI) a más de 500 °C, las estimaciones de la MO son generalmente destructivas y dependen de la desintegración física del mismo (Crnobrna et al. 2022).

2.3.6 Stock de carbono

El stock de carbono es todo aquello que se encuentra almacenado en diferentes componentes con un gran sistema de liberar o almacenar el carbono para la mitigación del cambio climático (Honorio y Baker, 2010).

2.3.7 Ecuaciones alométricas

Es una herramienta matemática que se emplea para estimar la biomasa de un árbol atreves de la toma de datos del árbol. Estas ecuaciones se generan en un análisis de regresión que examina la relación entre la masa de un árbol (generalmente peso seco) y su perfil dimensional (por ejemplo, altura, diámetro).(Ruiz-Peinado, 2013).

2.3.8 Carbono

Uno de los elementos químicos básicos, forma parte todas las moléculas orgánicas, ya que estas están formadas por cadenas de carbono enlazados entre sí, además el carbono se encuentra en las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, ya que (López, 2005. citado por Espíritu, 2016).

2.3.9 Sumidero de Carbono

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define los "sumideros de carbono" como procesos, actividades o mecanismos que eliminan dióxido de carbono de la atmósfera (Huang et al. 2020). Y los procesos, actividades o mecanismos por los que se libera dióxido de carbono a la atmósfera se denominan "fuentes de carbono"

2.3.10 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

También llamada como diámetro normal, es la medida del diámetro del fuste del árbol a una altura de 1,30 m del nivel del suelo, se mide con una cinta métrica con unidad de medida en centímetro con precisión al milímetro.

2.3.11 Altura total

Es la medida desde la base del árbol hasta la cima de la copa, se utilizan instrumentos especiales como el hipsómetro o clinómetro para medir este valor.

2.3.12 Humedal

Un humedal es una comunidad ecológica que puede estar inundado durante todo el año o estacionalmente (Balwan y Kour 2021). Es una zona saturada por el agua con una frecuencia y duración suficiente para sustentar una vegetación típicamente adaptada a la vida en condiciones de suelo saturado.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de estudio

Enfoque: Cuantitativo

Diseño: No experimental.

Nivel: Descriptivo/Exploratorio

Tipo: Básica o pura

El propósito de la investigación es exploratorio y descriptivo porque no existe antecedentes de estudio sobre características fisicoquímicas del suelo y macrofauna edáfica en las turberas de Madre de Dios y se describe las características de la biomasa, captura de carbono, diversidad y composición florística de estas turberas.

El enfoque metodológico es cuantitativo ya que analizamos datos numéricos para probar la hipótesis.

3.2 Diseño del estudio.

Nivel de Control: No experimental.

Temporalidad: Transversal y Longitudinal.

Unidad de análisis: Estudios individuales.

Fuente de datos: Primarios.

La temporalidad es transversal y longitudinal porque los datos de diversidad y composición florística, biomasa, captura de carbono, análisis

fisicoquímico del suelo se recopilaron en un solo momento, mientras que la diversidad de macrofauna se colectó durante seis meses.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por las turberas Amazónicas de la provincia de Tambopata del Distrito Las Piedras del departamento de Madre de Dios.

3.3.2 Muestra

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, donde: la muestra se eligió de acuerdo a la accesibilidad y la conveniencia de investigador, el cual permite elegir de manera arbitraria cuántos muestras pueden estar en el estudio (Otzen y Manterola 2017). En este caso se tomó en cuenta la accesibilidad de los sitios en las turberas, ya que en partes son turberas sumergibles o pantanos. En cada sitio de turbera se hizo tres parcelas de muestreo “parcelas Gentry Modificado” de 20 x 50 m (1000m² ó 0.1 ha), donde se realizó el inventario forestal, colecta de muestras de suelo y macroinvertebrados. Cabe mencionar que estimamos a 1 ha en número de individuos forestales y la captura de carbono aéreo, radicular y del suelo para las cuatro áreas de estudio, a fin de comparar con otras investigaciones.

3.4 Métodos y técnicas.

3.4.1 Ubicación geográfica y política

Las cuatro áreas de estudio se encuentran en la carretera interoceánica Puerto Maldonado-Iñapari, entre los kilómetros 6 y 11, en los sectores de: Madama y Bajo Loboyoc (áreas con perturbación antropogénica), mientras que Estancia Bello Horizonte y Lago Yacumama (áreas de conservación privadas), en el Distrito las Piedras, Provincia de Tambopata en el Departamento de Madre de Dios (**Figura 2**).

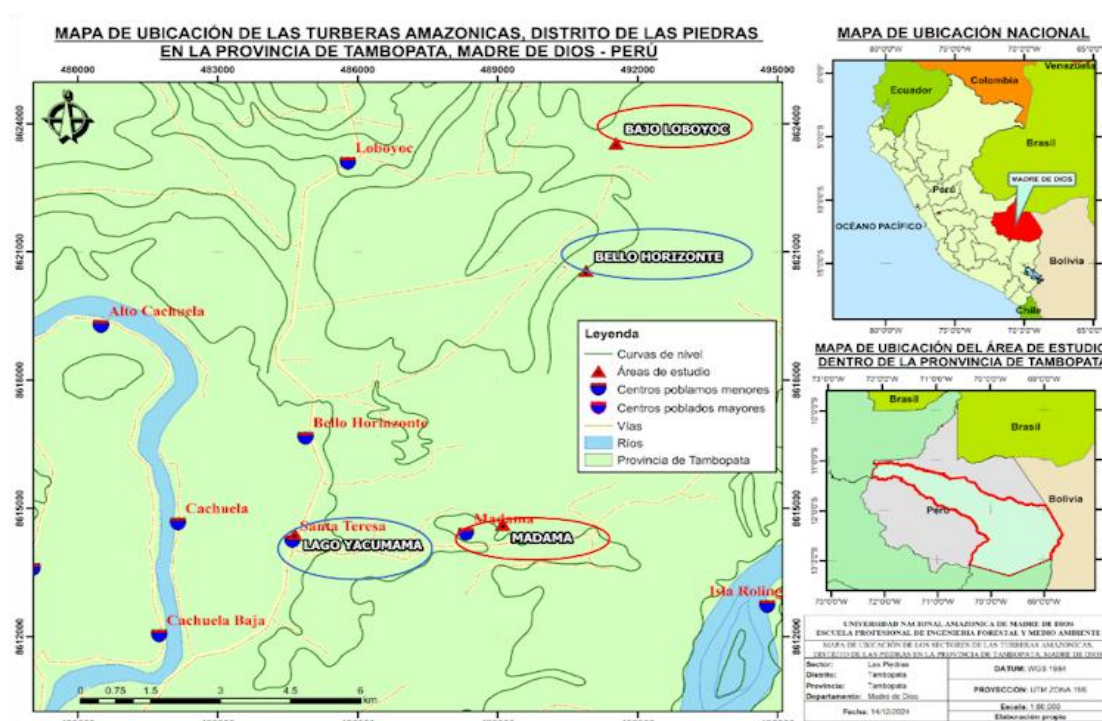


Figura 2: Mapa de ubicación de las áreas de estudio

En la **Tabla 3** se muestran las coordenadas UTM de la ubicación de las cuatro turberas amazónicas.

Tabla 3. *Coordenadas geográficas de las zonas de estudio.*

Lugar	Latitud	Longitud
Comunidad de Madama	12° 31' 54.863" S	69° 6' 0.891" W
Centro poblado de Bajo Loboyoc	12° 27' 4.825" S	69° 4' 40.316" W
Centro turístico Lago Yacumama	12° 32' 2.219" S	69° 8' 28.618" W
Centro turístico Estancia Bello Horizonte	12° 28' 41.93" S	69° 5' 1.68" W

3.4.2 Clima

El promedio de temperatura normal para Puerto Maldonado, setiembre es el mes con temperatura más alta con 32,2°C; mes de julio presenta la

temperatura más baja con 16.6°C; y llueve con mayor intensidad en el mes de febrero con 299,3 mm/me (SENAMHI, 2023).

3.4.3 Metodología para evaluar la diversidad y composición florística.

Para la evaluación de la diversidad y composición florística se hizo un inventario forestal en tres parcelas Gentry Modificado de 50 m x 20 m (1000 m²) cada 100 m de distancia en cada área de estudio. Se delimitaron y georreferenciaron todas las parcelas, para el inventario se tomó en cuenta árboles y palmeras ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho-DAP (a 1,30 m de altura del suelo), los cuales fueron codificados con cintas de agua y plumón indeleble grueso. Se tomaron fotografías, muestras botánicas, DAP y datos de la altura total del árbol con ayuda de un clinómetro. Las muestras botánicas fueron llevadas al Herbario “Alwyn Gentry” de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, para su acondicionamiento, secado y la comparación con muestras botánicas de su colección y determinar el nombre científico, género y familia correspondiente de cada especie.

Para responder a la primera hipótesis específica se realizó el dendrograma de similitud de Bray Curtis, para ver la semejanza de las especies presentes en las cuatro áreas de estudio.

Para calcular la altura total de cada árbol con la lectura del clinómetro, se utilizó la fórmula de (Vidal et al., 2013) citado por (Espíritu, 2016), Ecuación 1.

$$h = L3/20 \times d + Hop \quad [1]$$

Donde:

h = Altura total (m).

$L3$ = Lectura en % del clinómetro.

d = Distanciamiento entre la altura del operador y el árbol (m).

Hop = Altura del operador (m).

3.4.4 Metodología de muestreo de suelo para análisis físicoquímico

En todas las áreas de estudio, en las parcelas de 1000 m² se colectaron muestras de suelo aleatorios en 10 puntos, en cada punto se colectó muestras de suelo con la “Barrena de turba rusa”, “barrena rusa”, “Barrena de aleta” o “Corer ruso” (Figura 3), este es un instrumento simple que consiste en un mango, un eje y un cabezal de corte que se utiliza para el muestreo de turbas, donde la muestra extraída tiene forma semicilíndrica manteniendo las características del mismo. Para extraer la muestra la Barrena rusa se inserta en el suelo y una vez alcanzada la profundidad deseada, se rota 180° el muestreador y la muestra queda encerrada por la aleta (que ha quedado fija) para poder ser extraída sin pérdidas de muestra. Las muestras se sacaron de las siguientes profundidades: 0-10 cm, 10- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200 (Tabla 4).

Tabla 4. *Muestreo de suelos de turbera*

Áreas de estudio	Puntos de muestreo	Profundidad (cm)	Número de muestras	Total, de muestras por zona
Lago Yacumama	10	0 a 10	10	50
		10 a 50	10	
		50 a 100	10	
		100 a 150	10	
		150 a 200	10	
Madama	10	0 a 10	10	50
		10 a 50	10	
		50 a 100	10	
		100 a 150	10	
		150 a 200	10	
Bello Horizonte	10	0 a 10	10	50
		10 a 50	10	
		50 a 100	10	
		100 a 150	10	
		150 a 200	10	
Bajo Loboyoc	10	0 a 10	10	50
		10 a 50	10	
		50 a 100	10	
		100 a 150	10	
		150 a 200	10	
Total, de muestras colectadas				200

Después de sacar de la Barrena rusa las muestras del suelo se colocaron en bolsas ziploc debidamente codificadas, conservando el volumen y humedad de las muestras.

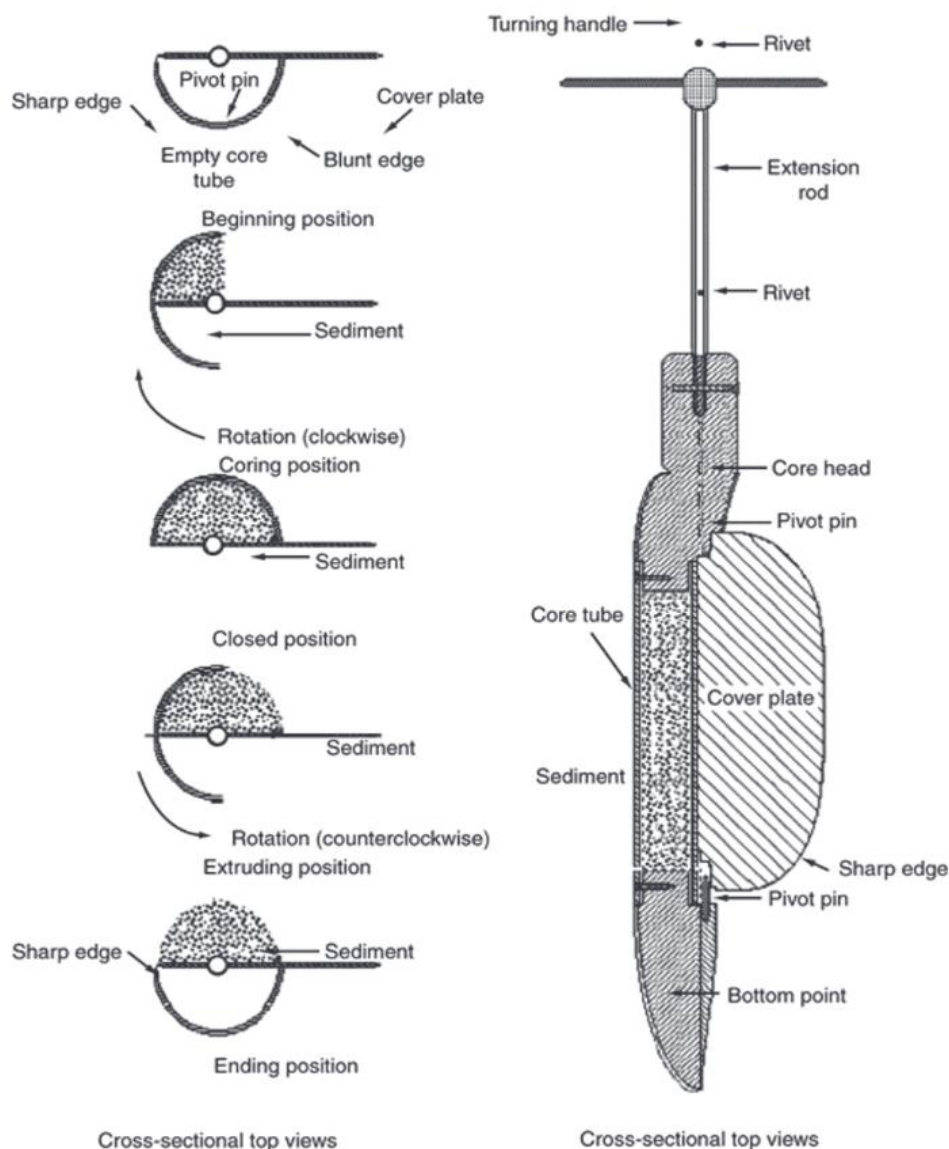


Figura 3: Barreno muestreador de turba tipo ruso, izquierda: sección transversal vista desde arriba, derecha sección longitudinal vista desde lado.

Fuente. Russian sampler (U.S. E.P.A., 1999) citado por (Farcas et al. 2016).

Al terminar la colecta se tomó el peso húmedo de las muestras, se colocaron en platos de aluminio ignífugos por 48 horas a 105 C° en estufa, se

molió y se volvió a pesar para tener los valores del peso seco, finalmente todas las muestras por profundidad se mezclaron obteniendo 5 muestras compuestas de 1 Kg. de las 5 profundidades para cada área de estudio, es decir un total de 20 muestras por las cuatro zonas de estudio las cuales fueron enviadas para su análisis fisicoquímico al Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) ubicada en la Universidad Nacional Agraria la Molina – Facultad de Agronomía en la ciudad de Lima.

3.4.5 Metodología de muestreo de suelo para análisis de densidad aparente.

En cada área de estudio, el muestreo del suelo fue en cinco profundidades (0-10 cm, 10- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200), de tres muestras por profundidad con el barreno ruso. Las muestras fueron colocadas en tubo PVC de 2 pulgadas con 20 cm de longitud, cortados por la mitad, las mismas que con el contenido de muestras de suelo fueron forradas con cinta de embalaje Stretch Film Manual (Figura 4), cabe mencionar que la barrena turba también es de 2 pulgadas, motivo por el cual usamos el tubo de las dimensiones antes descritas, para conservar las muestras sin alterar su característica original.

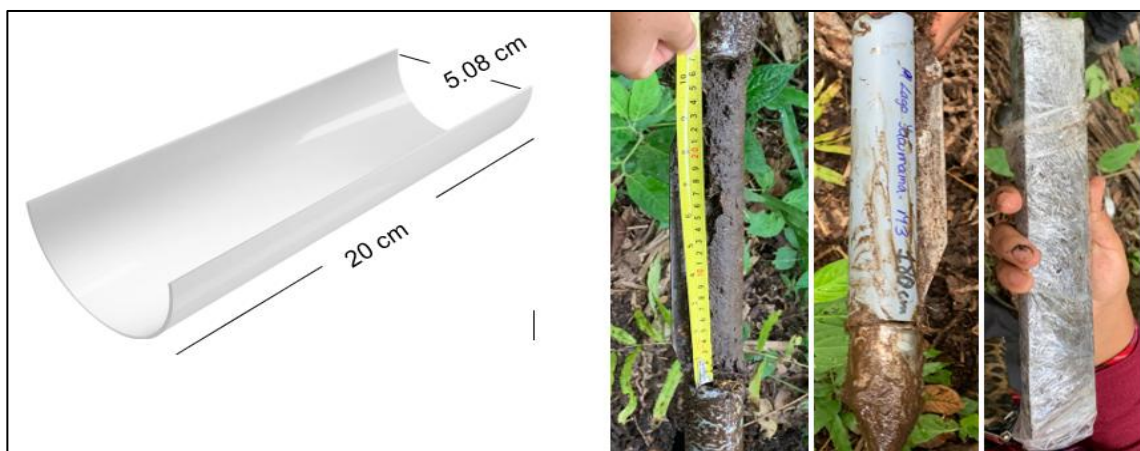


Figura 4: Procedimiento de muestreo de suelo para análisis de densidad aparente.

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios para el análisis de densidad aparente.

3.4.6 Metodología para la colecta de macroinvertebrados

La colecta se hizo durante seis meses de setiembre a febrero, una colecta por mes, para ello se adaptó la metodología estándar recomendado por el Instituto de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales (TSBF) para el muestreo de macroinvertebrados (Figura 5).

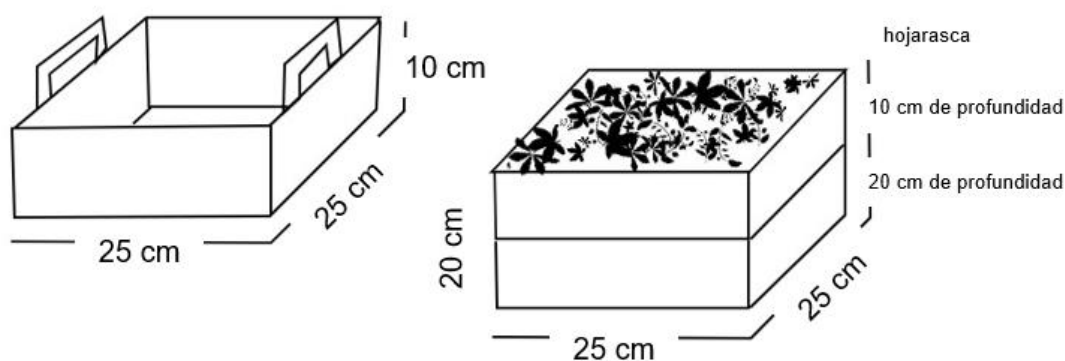


Figura 5: Metodología de muestreo de macroinvertebrados del suelo, izquierda: el marco muestreador metálico, derecha: monolito para evaluar macroinvertebrados del suelo.

Fuente: Metodología de muestreo adaptado de Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF) (Anderson y Ingram 1993).

En cada zona o área de estudio se empleó seis monolitos (25 cm x 25 cm x 20 cm de profundidad), con una distancia de 6 m entre monolito, en línea recta. Para hacer los monolitos, se utilizó un marco muestreador metálico con las dimensiones de 25 cm de ancho por 25 cm de largo y 10 cm de altura, con el cual se extrajo muestras de suelo cada 10 cm de profundidad del suelo, (Figura 5).

La colecta se hizo en campo, donde la macrofauna se agrupó en 3 grupos, de acuerdo a su procedencia: de hojarasca y las profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm y cada grupo fue colocada en frascos diferentes codificados cada una, esto mismo se hizo en cada área de estudio.

Para la conservación de las muestras de macroinvertebrados se utilizó alcohol de 75° hasta llevar al laboratorio, donde posteriormente se contaron, fotografiaron, se pesaron en una balanza digital de precisión y se identificaron a nivel de Orden en Laboratorio de Suelos Forestales de la UNAMAD.

3.5 Tratamiento de los datos.

3.5.1 Metodología para evaluar diversidad y composición florística

- **Análisis de Diversidad Alfa**

Para evaluar la abundancia, indicamos la cantidad de individuos que existen en el área de estudio y se estimó también en ha, respecto a la riqueza indicamos el número de especies, géneros y familias en la extensión de las parcelas evaluada (0,1 ha), también se estimó el número de individuos por ha, de modo que pueda compararse con estudios de lugares y tipos de bosque distintos.

- **Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.**

El índice de diversidad de Shannon Wiener (Ecuación 2) se evaluó a nivel de parcelas de inventario y también por áreas de estudio. El índice refleja la uniformidad de especies en relación a su abundancia (Magurran 1988) citado por (Ccoycca, 2018):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad [2]$$

Donde:

S = número de especies.

$$e^{-i\omega t}$$

Donde:

n_i = Abundancias de especies i

N = Abundancia total

ln = log base e

“Cuando el valor máximo se acerca a 5, existe mayor diversidad” (Ccoycca 2018).

➤ **Composición florística**

Se evaluó familias, géneros y especies más abundantes; y Especies endémicas y especies raras (Llacsahuanga, 2015).

➤ **Diversidad Beta de Bray Curtis**

Para comparar la composición florística entre las áreas de estudio, se comparó mediante un dendrograma de similitud de Bray Curtis o índice de Bray-Curtis, esta es una medida estadística que se utiliza para evaluar la similitud entre las especies de distintos lugares, está limitada entre 0 y 1, donde 1 significa que los dos sitios tienen la misma composición (es decir, comparten todas las especies) y 0 significa que los dos sitios no comparten ninguna especie.

3.5.2 Metodología para estimar la biomasa aérea y radicular.

Para estimar la biomasa aérea se empleó la ecuación alométrica pan-tropical validada por Chave et al. (2014) (Ecuación 3), donde utiliza el valor de DAP, altura y densidad de la madera. Los datos obtenidos en campo fueron la altura total y DAP, mientras que el valor de la densidad de la madera se obtuvo de Chave et al. (2006) el cual brinda información de la densidad básica (ρ) de la madera por especie, género y familia, en caso donde no estaba disponible la ρ por especie se utilizó priorizando el género y después por familia.

$$AGBest = [0.0673 * (\rho D)^2 H]^{0.976} \quad [3]$$

Donde:

AGBest = biomasa aérea (kg de masa seca),

ρ = densidad básica de la madera (kg/m³).

D = diámetro del árbol (m).

H = altura del árbol (m).

Para estimar la biomasa radicular se empleó la ecuación alométrica de Cairns et al. (1997) (Ecuación 4).

$$e^{(-1,0587+0,8836 \times \ln(ba))} \quad [4]$$

Donde:

Ba=biomasa en peso seco

Posterior a la estimación de la biomasa aérea y radicular en masa seca en kg, se sumó la biomasa total para estimar el stock de carbono total.

3.5.3 Metodología para estimar stock de carbono de cuatro turberas Amazónicas.

➤ Estimación de carbono total de la biomasa

Para calcular el carbono total de los árboles y palmeras, se realizó la conversión de biomasa total en Kg a Carbono total en kilogramos (Kg), se multiplicó la biomasa total por el factor de proporcionalidad entre la biomasa forestal y su contenido de carbono que varía entre 0.45 y 0.5 (Solórzano, Guerrero y Minaya 2018), en este estudio utilizamos el factor 0,45 (Ecuación 5).

$$CT = BT \times 0.45 \quad [5]$$

Donde:

CT = Carbono total en kg de carbono (kg de C).

BT = Biomasa total en kg.

Las operaciones anteriores se realizaron para cada parcela de estudio, en total 12 parcelas, siendo tres por cada zona de estudio. Para estimar el contenido de carbono por ha, antes calculamos el promedio del contenido de carbono de las tres parcelas, para cada área de estudio.

Con el valor del promedio, se estimó el contenido de carbono por hectárea (kg C/ha) (Ecuación 6).

$$kg \text{ de } \frac{C}{ha} = \left(10000 \times \frac{P}{Area} \text{ de la parcela} \right) \quad [6]$$

Donde:

Kg C/ha = kg de Carbono por hectarea.

P = Promedio del contenido de Carbono de las tres parcelas (1000 m²) por cada área de estudio.

Área de parcela= 1000 m².

Factor 10000 = Conversión del área (m²) a hectárea

Finalmente, para obtener Carbono en tonelada por hectarea (C en t/ha) se dividió entre 1000.

➤ **Para estimar stock de carbono del suelo**

Para estimar el stock de carbono del suelo se requiere de los valores de densidad aparente (da), porcentaje de materia orgánica (%MO) y porcentaje de carbono (%C) de las 5 profundidades (0 cm, 1- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200) a partir de estos valores se podrá determinar el stock de carbono del suelo.

➤ **Porcentaje de materia orgánica (MO)**

La materia orgánica (MO) se determinó por el método propuesto por Schulte & Hopkins (1996) conocido como LOI (calcinación) citado por (Eyherabide et al. 2014). Se pesaron 8 g de muestra de suelo preparadas para el análisis químico obtenido para cada profundidad de la turbera en crisoles de 15 ml, posteriormente fueron puestas en estufa durante 24 horas a 105 °C. Las muestras se enfriaron en desecador y fueron pesados. Luego se colocarán por 3 horas adicionales en una mufla a 360 °C, luego se llevaron a un desecador y después de enfriarse se registró el peso nuevamente. Para calcular la materia orgánica se hizo por diferencia de peso, siguiendo la metodología de (Eyherabide et al. 2014) (Ecuación 7).

$$\% MO = \frac{((\text{peso } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso } 360^{\circ}\text{C}) \times 100)}{\text{peso } 105^{\circ}\text{C}} \quad [7]$$

Los valores de porcentaje de materia orgánica y carbono para cada profundidad y área de estudio se detallan (Tabla 33 del Anexo).

➤ **Porcentaje de carbono**

Ya teniendo los valores del %MO del suelo y se determinó el almacenamiento de carbono en el suelo (Ecuación 8).

$$\%MO = \%C \times 1.72 \quad [8]$$

Donde:

%MO= Porcentaje de materia orgánica en el suelo.

%C = Porcentaje de carbono orgánico en el suelo

1.72 = Constante.

➤ **Ecuación para estimar el stock de carbono del suelo**

El valor del %C se reemplaza en la fórmula para determinar el almacenamiento de carbono en el suelo (Honorio y Baker 2010) (Ecuación 9).

$$\text{Stock de Carbono} = \%C \times (D \times 100) \times P \quad [9]$$

Donde:

Carbono en el suelo= t/ha

%C = Concentración de carbono en el suelo (Porcentaje de carbono orgánico en el suelo)

D = Densidad aparente del suelo (del análisis físico)

P = Profundidad del suelo en metros

3.5.4 Metodología para evaluar las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.

Los resultados de las muestras de suelo enviadas al Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) en la Universidad Nacional Agraria la Molina (**Anexo 3**), fueron comparadas entre cada área de estudio.

Para el análisis químico se consideró los siguientes parámetros: pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), potasio (K), capacidad de intercambio

catiónico (CIC), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y ácidos cambiante (Al+H) de las profundidades de 0-10 cm, 10- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200.

3.5.5 Metodología para evaluar las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas

➤ Densidad aparente (da).

Para calcular la densidad aparente del suelo, se obtuvo el peso seco, secando la muestra por 24 horas en horno a 105 °C y el volumen de suelo está representado por el volumen del tubo donde se colectó la muestra (Honorio y Baker 2010) (Ecuación 10).

$$da = \frac{Psse}{Volumen\ total\ del\ suelo} \times 100 \quad [10]$$

Donde:

da=densidad aparente (g cm⁻³)

Psse = Peso de suelo seco a la estufa (g)

Volumen total del suelo (cm³) = $\pi \times r^2 \times h$, donde r es el radio del tubo y h la altura.

El análisis mecánico y clase textural se hizo junto con el análisis químico en Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) (Anexo 3).

3.5.6 Metodología para el análisis de los datos para densidad y biomasa de la macrofauna

La densidad se determinó calculando el número de individuos por cada metro cuadrado (individuos/m²) y la biomasa en gramos de peso fresco por metro cuadrado (g m⁻²) (Ecuación 11 y 12).

Densidad:

$$D = \frac{N * 10000}{3750} \quad [11]$$

Donde:

D = La densidad es medida en m².

N = Es el número de individuos.

10000 cm² = 1 m²

A = El área cm² del área muestreada (3750 cm²).

El marco muestreador es de 25 cm x 25 cm, es decir un punto de muestreo corresponde a 625 cm² y se realizó 6 puntos de muestreos por cada visita, que sumarian 3750 cm² de área muestreada por mes para evaluación de los macroinvertebrados.

Biomasa:

$$B = W \times \frac{10000}{3750} \quad [12]$$

3.5.7 Metodología para el análisis de datos para diversidad de macrofauna.

El análisis de Índice de diversidad Shannon Wiener se calculó para evaluar la diversidad de macroinvertebrados por localidad y por meses de estudio en cada área. También, se comparó la diversidad de macroinvertebrados por área de estudio en un dendrograma de similaridad de Bray Curtis.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Diversidad y composición florística

4.1.1 Número de individuos, especies, géneros y familias por parcela y localidad.

En cada zona de estudio se realizó inventario de árboles y palmeras mayores a 10 cm DAP en 3 parcelas de 20 x 50 metros, en la **Tabla 5** se observa el número de individuos, especies, géneros y familias en parcelas de 0,1 ha en las cuatro áreas de estudio. El número de individuos varió de 157 a 231 siendo Bello Horizonte con mayor cantidad, el número de especies varió de 22 a 28, el número de género estuvo entre 21 y 26, mientras que la familia entre 12 y 20. Lago Yacumama representó mayor cantidad de especies y géneros y familias.

Tabla 5. *Número de individuos, especies, géneros y familias en parcelas de 0,1 ha y la estimación de individuos en 1 ha de turbera.*

Parcela		Nº individuos (0,1ha) $\bar{x}$		(1ha)	Nº especies (0,1ha) $\bar{x}$		Nº géneros (0,1 ha) $\bar{x}$		Nº familias (0,1 ha) $\bar{x}$	
Bajo Loboyoc	BL1	74			15		14		9	
	BL2	60	193	643	17	27	15	25	10	17
	BL3	59			18		17		13	
Bello Horizonte	BH1	58			16		14		10	
	BH2	86	231	770	18	26	17	22	10	14
	BH3	87			10		8		7	
Lago Yacumama	LY1	83			21		21		17	
	LY2	65	198	660	12	28	12	26	10	20
	LY3	50			11		11		8	
Madama	M1	52			13		12		8	
	M2	53	157	523	14	22	14	21	11	12
	M3	52			11		11		8	

Se estimó el número de individuos por 1 ha de turbera con el promedio de las 3 parcelas de cada localidad de estudio, Bello Horizonte resultó con mayor número de individuos (770 Ind/ha) mientras que Madama tuvo el más bajo (523 Ind/ha).

Nuestros resultados de abundancia en Bajo Loboyoc y Lago Yacumama son similares a lo reportado por Linares y Quispe (2018) en Manu y Tambopata, donde encontraron hasta 684 ind/ha en Bosque llanura inundable y 677 ind/ha en Bosque de tierra firme y 602 ind/ha. en Bosque pantano estacional.

Comparado con otros estudios de ecosistemas de aguajales, nuestros valores de abundancia son mayores a lo reportado para ecosistemas de aguajales: Freitas (1996) 490 ind/ha, Ballón (2023) de 333 a 222 ind/0.5 ha, Dueñas (2018) de 129-144 ind/0.1 ha.

En Ucayaly (Kahn y Mejía 1991) encontraron 11 especies en 1 Ha. con 207 palmeras (>10 m de altura) por ha. En Loreto en aguajales encontraron 189 individuos de *Mauritia flexuosa* por ha (Freitas y Flores 2015).

4.1.2 Índices de diversidad de especies, géneros y familias por parcelas.

“El índice de Shannon-Wiener, normalmente, varía de 1 a 5, e interpreta a valores menores de 2 como diversidad baja, de 2 a 3,5 media y superiores a 3.5 como diversidad alta” (Margalef, 1972 citado por Meraz et al. 2017), respecto a ese criterio, la diversidad de las especies en las parcelas varió de 1,64 a 2,73; considerándose de diversidad baja y media, lo mismo ocurre a nivel de géneros, sin embargo, a nivel de familia todos son menores a 2 excepto uno, lo que sería una baja diversidad a nivel de familias en estos ecosistemas, Tabla 6.

Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon de las especies, géneros y familias de las parcelas de Bajo Loboyoc, Bello horizonte, Lago Yacumama y Madama.

Localidad	Parcela	Diversidad de Shannon					
	(0,1 ha)	Especies	Prom.	Géneros	Prom.	Familia	Prom.
Bajo Loboyoc	BL1	2,30		2,24		1,28	
	BL2	2,53	2,45	2,43	2,37	1,56	1,51

	BL3	2,51		2,45		1,68	
	BH1	2,52		2,48		1,85	
Bello Horizonte	BH2	2,38	1,93	2,34	1,88	1,49	1,37
	BH3	0,88		0,83		0,77	
	LY1	2,73		2,73		2,26	
Lago Yacumama	LY2	1,74	2,15	1,74	2,15	1,54	1,73
	LY3	1,99		1,99		1,40	
	M1	1,64		1,61		1,14	
Madama	M2	1,66	1,68	1,66	1,67	1,25	1,23
	M3	1,73		1,73		1,30	

Según los índices de diversidad de Shannon-Wiener de las turberas de Bajo Loboyoc y Lago Yacumama (2,56 y 2,51) (Tabla 7) son similares a lo reportado por Martínez et al. (2023) con valor de 2,47 en bosque de aguajales alrededores del Centro de Investigaciones de Tambopata; considerándose una baja diversidad comparado con los bosques de tierra firme de Madre de Dios (4,3; 4,04; 4,59, 4,6; 4,29...) reportados por (Alvarez et al. 2021; Baez y Garate 2017; Linares y Quispe 2018). En Bello horizonte y Madama (2,21 y 1,78) (Tabla 7), fueron los índices aún más bajos similares a lo reportado por , Ballón (2023) 1.17 a 2,57 en aguajales , lo que explica la mayor presencia de *Mauritia flexuosa* en estas zonas.

Tabla 7. Índices de diversidad total de las especies forestales de Bajo Loboyoc, Bello horizonte, Lago Yacumama y Madama.

	Bajo Loboyoc	Bello horizonte	Lago Yacumama	Madama
Especies	27	26	28	22
Individuos	193	231	198	157
Dominancia	0,1312	0,2369	0,1723	0,3838
Shannon	2,557	2,21	2,512	1,781

4.1.3 Similitud de la diversidad florística entre las áreas de estudio

El dendrograma de similaridad de Bray-Curtis Figura 4, muestra a Madama y Bello Horizonte más semejantes entre sí, con 78% de similaridad, y estos a la vez son semejantes a Lago Yacumama con 76 y 74%,

respectivamente, mientras que bajo Loboyoc es semejante a Bello Horizonte, Madama y Lago Yacumama con 50, 35, y 46 % de similitud, lo que indica que Bajo Loboyoc es un ecosistema muy diferente al resto (Tabla 17 del Anexo).

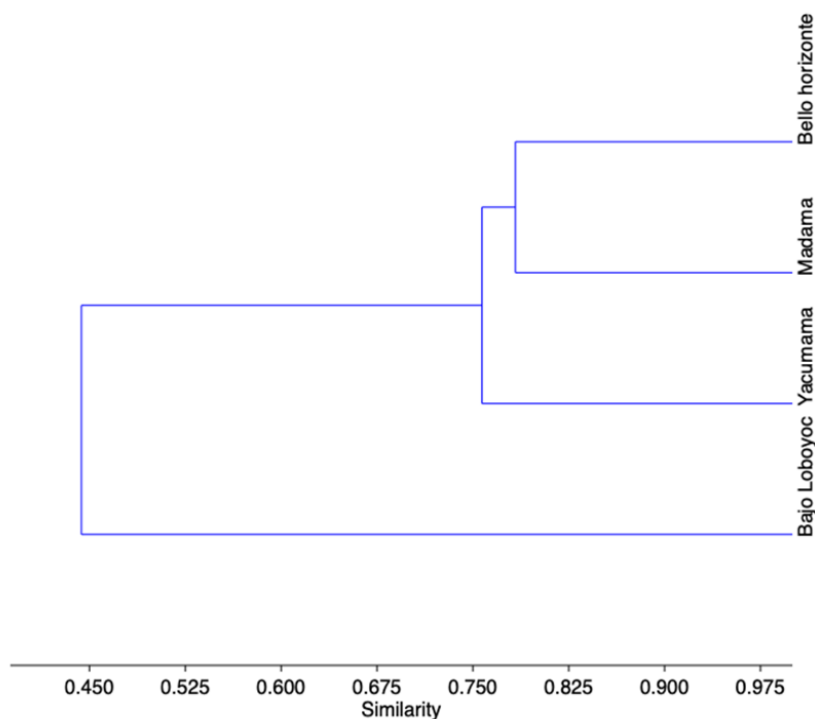


Figura 6: Dendrograma de Similitud de Bray-Curtis.

4.1.4 Familias más abundantes.

Las familias con mayor abundancia de individuos encontrados en Bajo Loboyoc son Arecaceae (61%), Clusiaceae, (8%) y Myristicaceae (7%). En Bello Horizonte Arecaceae (66%), Malvaceae (6%). En Lago Yacumama Arecaceae (50%), Malvaceae (13%), Fabaceae y Meliaceae (6%). En Madama Arecaceae (70%), Lecythidaceae (7%) (Tabla 18 del Anexo).

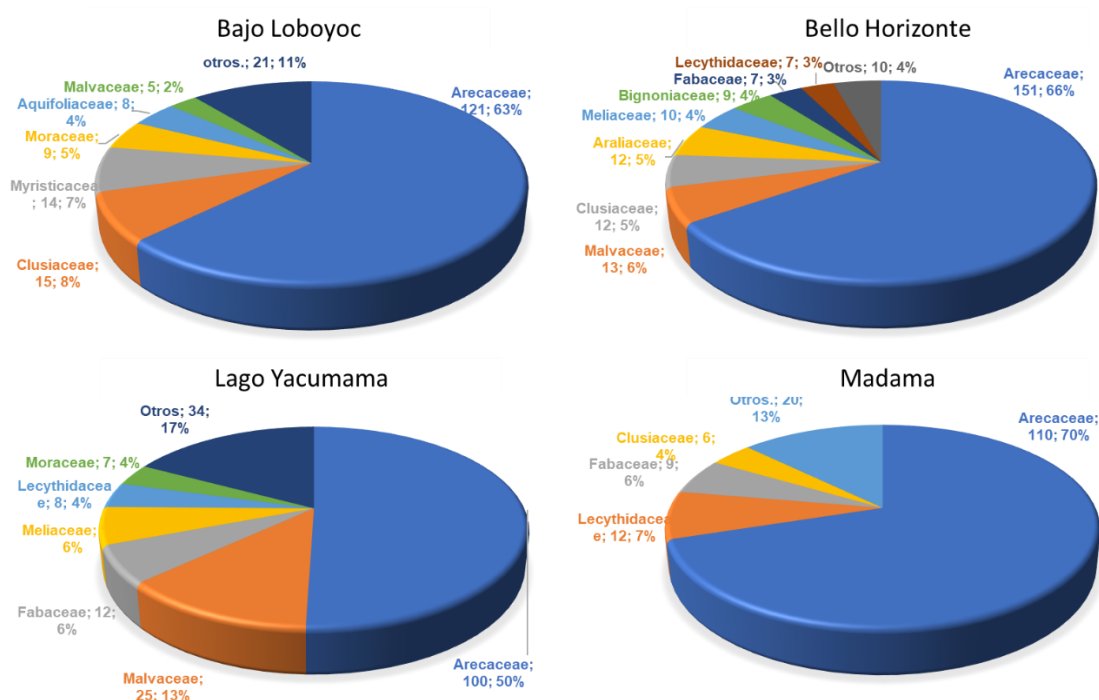


Figura 7: Familias más abundantes de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

En un estudio de la composición florística de la amazonia a escala local y regional, Terborgh y Andresen (1998), determinaron que cerca del 80% de los árboles (DAP ≥ 10 cm) de la Amazonía pertenecen a las 16 familias que se mencionan a continuación: Annonaceae, Arecaceae, Bombacaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Lecythidaceae, Meliaceae, Moraceae, Myristicaceae, Rubiaceae, Sapotaceae, Sterculiaceae y Violaceae. En este estudio solo Arecaceae, Fabaceae, Moraceae y Myristicaceae coinciden con lo expuesto por (Terborgh y Andresen 1998), que se encontraron en la lista de las 10 más importantes de las cuatro áreas de estudio.

La familia Arecaceae fue la más abundante con valores mayores a 100 individuos por 0,3 ha, con una estimación de 333 individuos de la familia Arecaceae por 1 ha de ecosistema de turberas. Al respecto, (Henderson, 2002 citado por Martínez et al. 2023) “resalta que la heterogeneidad y abundancia de las palmeras en determinadas áreas de la amazonia, estaría relacionada a los

patrones de precipitación y características edáficas”. Por su parte, Ballón (2023) encontró que las familias más diversas en aguajales son: Fabaceae, Moraceae, Euphorbiaceae, Urticaceae y Arecaceae. Mientras que en bosque de tierra firme en Madre de Dios Alvarez, et al. 2021), encontró en 10 parcelas de 1 ha las familias más abundantes: Moraceae, Arecaceae, Fabaceae, Myristicaceae, Malvaceae con el mayor número de individuos, géneros y especies.

4.1.5 Géneros más abundantes.

En todas las zonas de estudio se encontró 40 géneros; los géneros con mayor abundancia de individuos en Bajo Loboyoc son Socratea (29%), Euterpe (14%), Mauritia (12%) y Symphonia (8%). En Bello Horizonte Mauritia (46%), Socratea y Euterpe (9%) y Symphonia (8%). En Lago Yacumama Mauritia (39%), Pachira (11%), Socratea, Euterpe y Trichilia (6%). En Madama Mauritia (61%) y Cariniana (8%) (Figura 8 y Tabla 19 del Anexo).

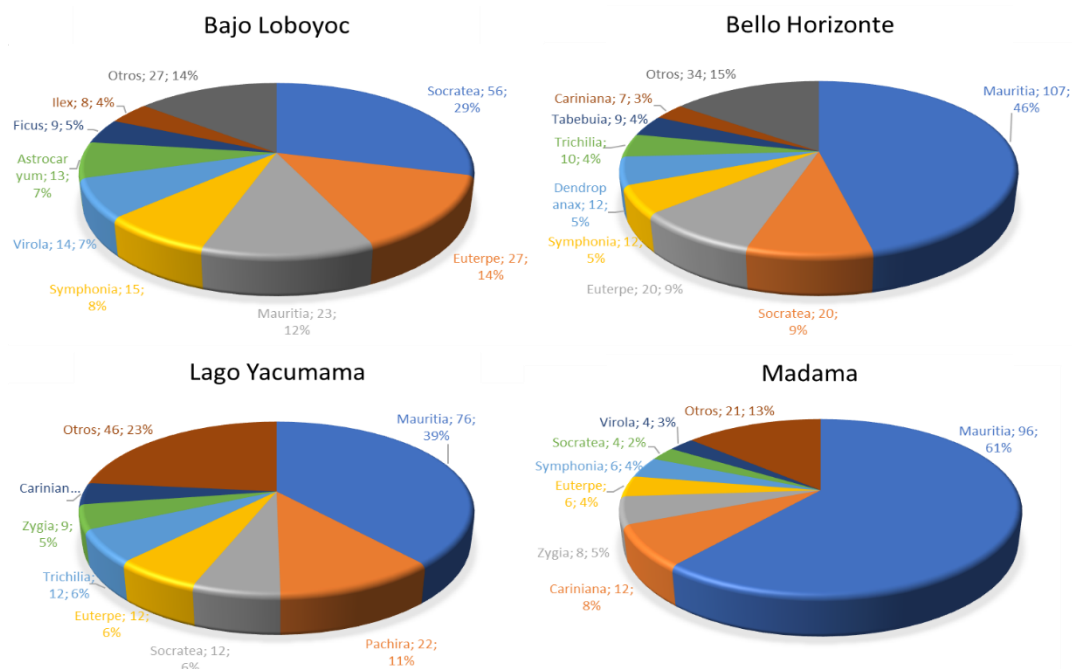


Figura 8: Géneros más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

Los géneros Mauritia, Socratea y Euterpe fueron los más representativos de nuestra área estudiada y se encuentran dentro de las especies con mayor IVI para bosques de Madre de dios (Linares y Quispe 2018).

4.1.6 Especies más abundantes.

Las especies más abundantes en Bajo Loboyoc son *Socratea exorrhiza* (29%), *Euterpe precatoria* (14%), *Mauritia flexuosa* (12%) y *Symphonia globulifera* (8%). En Bello Horizonte *Mauritia flexuosa* (46%), *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria* (9%). En Lago Yacumama *Mauritia flexuosa* (38%), *Pachira aquatica* (11%), *Socratea exorrhiza* y *Euterpe precatoria* (6%). En Madama *Mauritia flexuosa* (61%), *Cariniana Domestica* (8%). Similar a lo indicado por Ballón (2023) las palmeras más importantes de los aguajales son las especies *Mauritia flexuosa*, *Euterpe precatoria* y *Socratea exorrhiza* y para mayor detalle ver (Tabla 20 del Anexo).

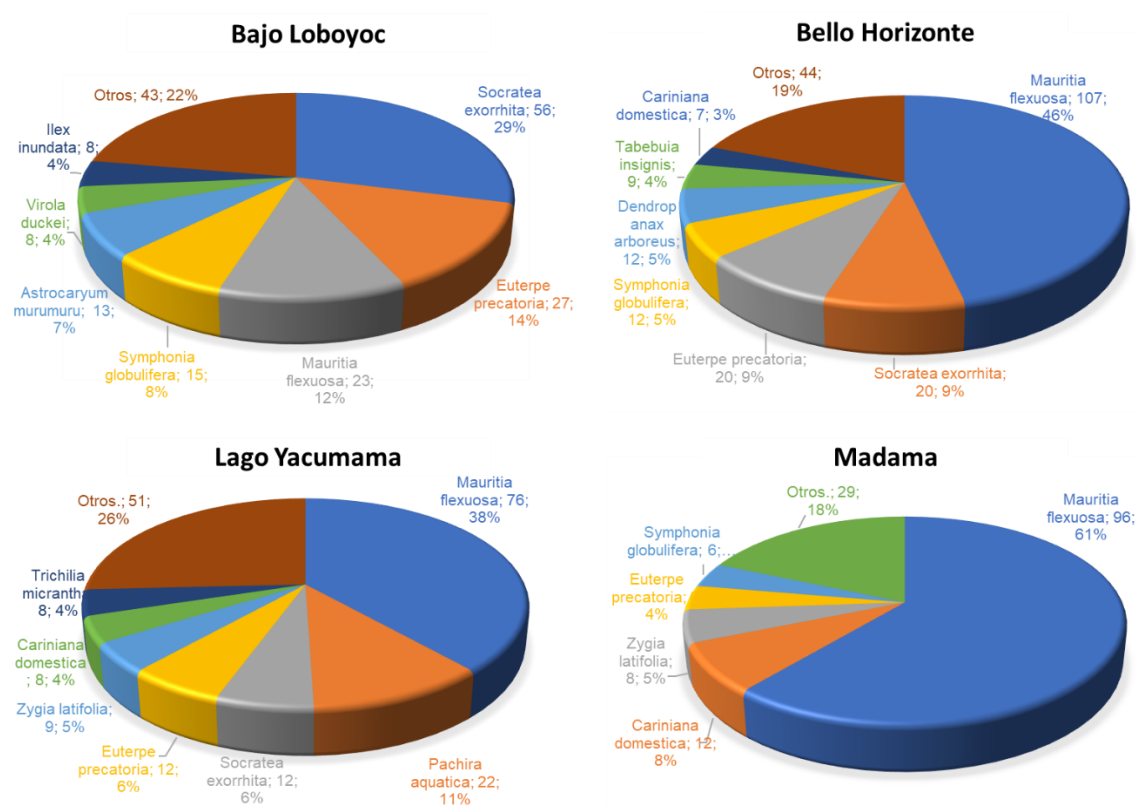


Figura 9: Especies más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama

Estos datos, coincide con lo mencionado por Linares y Quispe (2018), que en la composición florística los valores mayores están en bosque de tierra firme,

mientras que los valores más bajos corresponden a bosque de terraza aluvial, bosque de pantano inundable y bosque de llanura inundable respectivamente.

4.2 Biomasa aérea y radicular de cuatro turberas Amazónicas.

De entre las cuatro turberas Bello Horizonte obtuvo mayor cantidad de biomasa aérea y radicular con 425,14 t/ha y 57,92 t/ha respectivamente, siendo superior a todas las áreas de estudio (Tabla 8). La biomasa aérea de todas las áreas de estudio fue de 85,61% a 88,01% de la biomasa total, mientras que la biomasa radicular solo fue de 14,39% a 11,99%.

Tabla 8. *Biomasa aérea y radicular estimado en t/ha*

Localidad	Biomasa aérea	%	Biomasa radicular	%	Biomasa Total
Bajo Loboyoc	147,92	85,61	24,87	14,39	172,79
Bello Horizonte	425,14	88,01	57,92	11,99	483,06
Lago Yacumama	218,63	86,02	35,54	13,98	254,17
Madama	243,20	85,75	40,40	14,25	283,61
Total	1034,90	86,70	158,73	13,30	1193,63

Fuente: Elaboración propia.

Nuestros hallazgos de biomasa aérea fueron superiores al Draper et al. (2014) citado por (Ballón (2023) estimaron la biomasa aérea para aguajales y varillales hidromórficos de 94,84 t/ha y 81,39 t/ha, respectivamente.

Honorio Coronado et al. (2021) reportaron biomasa aérea y radicular en diferentes formaciones forestales, para *turbera abierta* la biomasa aérea fue de 87,79 a 48,32 t/ha y 33,17 a 18,55 t/ha de biomasa radicular, en *bosque de postes* (pole forest o varillales) 166,47 a 28,02 t/ha de biomasa aérea y 45,06 a 6,55 t/ha de biomasa radicular, en *pantano de palmeras* 160,87 a 17,96 t/ha de biomasa aérea y 47,87 a 5,13 t/ha de biomasa radicular, en bosque inundado estacionalmente 229,45 a 32,15 t/ha biomasa aérea y 52,02 a 6,26 t/ha de biomasa radicular, en tierra firme 262,81 a 23,21 t/ha de biomasa aérea y 57,53 a 6,38 t/ha de biomasa radicular y en Bosque de arena blanca 236,34 a 35,96 t/ha de biomasa aérea y 57,74 a 9,19 t/ha de biomasa radicular.

La biomasa aérea de Bajo Loboyoc fue menor que las demás áreas de estudio, sin embargo es cercano a lo reportado por (Honorio Coronado et al. 2021) para bosque de postes (pole forest o varillales) (166,47 a 28,02 t/ha) en cuanto a la biomasa radicular de Bajo Loboyoc es casi la mitad comparado con el bosque de postes (45,06 a 6,55 t/ha).

Nuestros resultados de biomasa aérea de Lago Yacumama y Madama son similares a los valores máximos reportado por (Honorio Coronado et al. 2021) en bosques de tierra firme (262,81 a 23,21 t/ha) y bosque de arena blanca (236,34 a 35,96 t/ha), en cuanto a la biomasa radicular solo Bello Horizonte es similar a los ecosistemas anteriormente mencionados (57,53 a 6,38 t/ha y 57,74 a 9,19 t/ha, respectivamente). La biomasa aérea de Lago Yacumama y Madama también son cercanos a lo estimado por Ballón (2023) encontró 238,06 a 253,46 t/ha de biomasa aérea en varillales y 79,56 a 87,90 t/ha en aguajales.

En cuanto a la biomasa aérea de Bello Horizonte, esta fue superior a todas las áreas de estudio y superó a los reportes antes mencionados, probablemente sea porque está dominada por 66% de especies de la familia Arecaceae (Figura 6), concordando con los estudios de Honorio Coronado et al. (2021) donde las palmeras fueron más abundantes y realizaron mayor contribución a la biomasa aérea en las turberas abiertas y los pantanos de palmeras en comparación con los otros tipos de ecosistemas.

4.3 Stock de Carbono de cuatro turberas Amazónicas.

Para estimar el stock de carbono total de las turberas, se tomó en cuenta la biomasa aérea y radicular de árboles y palmeras, como también la profundidad del suelo.

4.3.1 Estimación de carbono aéreo y radicular

El stock de carbono aéreo fue mayor que el stock de carbono en las raíces en todas las turberas, siendo Bello Horizonte con mayor almacenamiento de carbono alcanzando 191,31 t C/ha aéreo y 26,06 t C/ha radicular, seguida por Madama con 109,44 t C/ha aéreo y 18,18 t C/ha radicular (Tabla 9). Las

estimaciones del stock de C en todas las parcelas estudiadas se encuentran en detalle en Tabla 20 al 31 del Anexo.

Tabla 9. *Carbono aéreo y radicular estimado en t C/ha*

Localidad	Carbono aéreo	Carbono radicular	Carbono Total
Bajo Loboyoc	66,56	11,19	77,75
Bello Horizonte	191,31	26,06	217,38
Lago Yacumama	98,38	15,99	114,38
Madama	109,44	18,18	127,62
Total	465,70	71,43	537,13

En diferentes ecosistemas de Loreto, Honorio Coronado et al. (2021) reportaron el stock de carbono aéreo y radicular de árboles vivos; para los bosques de turbera $78,24 \pm 13,17$ t C/ha de carbono aéreo y $21,18 \pm 3,08$ t C/ha en las raíces, en pantano de palmeras $75,61 \pm 8,44$ t C/ha de carbono aéreo $22,50 \pm 2,41$ t C/ha en las raíces, para bosque inundado estacionalmente $107,84 \pm 15,11$ t C/ha de carbono aéreo y $24,45 \pm 2,94$ t C/ha en la parte radicular, en turbera abierta tipo sabana, $41,26 \pm 22,71$ t C/ha de carbono aéreo y $15,59 \pm 8,72$ t C/ha en las raíces y en tierra firme $123,52 \pm 10,91$ t C/ha de carbono aéreo y $27,04 \pm 3,00$ t C/ha en las raíces.

Por su parte, (Ballón Falcón 2023) reporto rangos de almacenamiento de carbono aéreo en varillales hidromórficos con 119,03 a 126,73 t C/ha; y 39,78 a 121,57 t C/ha para los aguajales.

En Ucayali, en la cuenca del río Aguaytía García, Honorio y Del Castillo (2012) reportaron el almacenamiento de carbono aéreo en la zona alta y baja de los aguajales, $96,33 \pm 15,16$ t C/ha en la zona baja y de $51,28 \pm 16,29$ t C/ha en la zona alta.

Respecto a las cifras anteriores Draper et al. (2014) afirma que los aguajales (Palm swamp) almacenan grandes cantidades de carbono en la biomasa aérea, comparables con los de bosques de tierra firme.

4.3.2 Estimación de carbono en el suelo

El carbono almacenado en la turba del suelo fue mayor en las profundidades II (10-50 cm) y III (50-100 cm) de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte y Lago Yacumama, sin embargo Bajo Loboyoc superó a todas las turberas alcanzando 535,63 t C/ha y 477,27 t C/ha en estas profundidades. La misma tendencia ocurre en lo reportado por Ballón (2023) en los suelos de aguajales de Loreto en la profundidad de 50-100 cm aunque con valores menores a este estudio, 334 y 308 Mg C/ha (Figura 10).

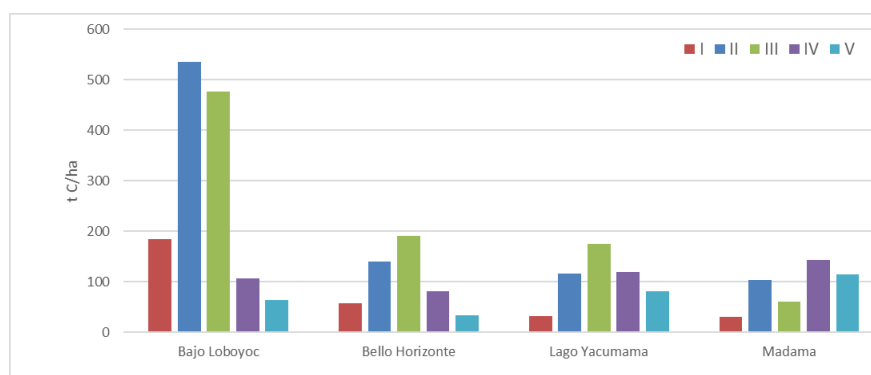


Figura 10: Almacenamiento de carbono del suelo a diferentes profundidades (I: 0-10 cm, II: 10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).

Las turberas de Lago Yacumama, Bello Horizonte y Madama son similares en su almacenamiento de carbono, con valores de 525,01 t C/ha 502,16 t C/ha y 452,88 t C/ha, respectivamente, sin embargo, Bajo Loboyoc tuvo mayor contenido de carbono alcanzando 1367,26 t C/ha, esta cifra es muy similar al stock de carbono reportado en otro tipo de ecosistema de turbera llamadas “varillales”.

El bosque varillal hidromórfico es dominada por brinzales, con pocas especies que dominan el área basal y las palmeras son escasas (Ballón 2023), el mismo autor reporta 1595,38 Mg C ha⁻¹ y 1522,83 Mg C ha⁻¹ en varillales hidromórficos de hasta 5 m de profundidad, además encontró reservas de 75,00; 758,02; 605,46 t C/ha en suelos de los aguajales de hasta 2 m de profundidad en Loreto.

A sí mismo, Honorio Coronado et al. (2021) estimaron el carbono orgánico del suelo en diferentes ecosistemas de Loreto, donde reportaron que en el suelo de *bosques de turbera* (tipo varillales) almacenan $1033,75 \pm 91.57 \text{ Mg C ha}^{-1}$, en *pantano de palmeras* $647,76 \pm 80.37 \text{ Mg C ha}^{-1}$, en *bosque inundado estacionalmente* $192,62 \pm 176,76 \text{ Mg C ha}^{-1}$, en *turbera abierta tipo sabana* $628.27 \pm 131.85 \text{ Mg C ha}^{-1}$, en *tierra firme* $101,83 \pm 8,99 \text{ Mg C ha}^{-1}$ y en *bosque de arena blanca* $91,57 \pm 13,93 \text{ Mg C ha}^{-1}$, cabe mencionar que estas estimaciones fueron tomados a 50 cm de profundidad.

En las turberas de la cuenca del antepaís Pastaza-Marañón (PMFB) (Draper et al. 2014) estimó $747,51 \text{ t C/ha}$ en el suelo de aguajales y $1340,21 \text{ t C/ha}$ en suelo de varillales. Por su lado, Diaz Cardenas (2019) determinó la tasa de almacenamiento de carbono del suelo en $246,4 \text{ t C/ha}$ de turba en Ucayali lo cual es menor a los reportes anteriores.

En Ucayali, también García, Honorio y Del Castillo (2012) reportaron el stock de carbono del suelo a 50 cm de profundidad, en zona alta y baja de los aguajales , $3,78 \pm 1,28 \text{ t C/ha}$ en la zona alta y $197,86 \pm 89,32 \text{ t C/ha}$ en la zona baja.

De las evidencias anteriores podemos afirmar que nuestros hallazgos son cercanos en cuanto a la estimación del stock de carbono del suelo en las turberas tropicales, cabe mencionar que la metodología empleada permite tener datos más precisos de MO y densidad aparente por profundidad, respecto a esto (Draper et al. 2014) señala que la mayor incertidumbre para estimar el stock de carbono en las turberas es la variación en el espesor y la densidad aparente de la turba.

4.3.3 Stock de carbono total

En cuanto al stock de carbono total de las turberas, Bajo Loboyoc supero a todas con $1445,01 \text{ t C/ha}$, seguida de Bello Horizonte con $719,54 \text{ t C/ha}$, en Lago Yacumama alcanzo $639,39 \text{ t C/ha}$ y en Madama fue menos que todas con $580,50 \text{ t C/ha}$ (Figura 11).

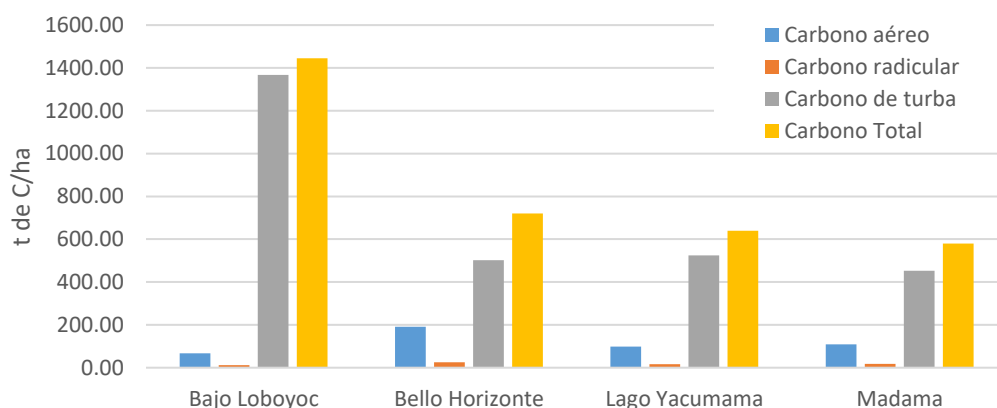


Figura 11: Carbono aéreo, radicular, de turba y carbono total de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

En todas las áreas de estudio la densidad de carbono en la turba fue mayor, seguida por la biomasa aérea y radicular en menor proporción, en Bajo Loboyoc el 94,62% del stock de carbono fue de la turba, en Lago Yacumama 82,11%; en Madama 78,02% y en Bello Horizonte 69,79% (Tabla 34 del Anexo).

Ballón Falcón (2023) reportó que la densidad de carbono de los suelos de Varillal hidromórfico representa el 93,06% y 92,32%; y el de los aguajales el 83,41% y 87,50%.

Respecto a las cifras anteriores, Draper et al. (2014), menciona que cerca al 90% del carbono en estos ecosistemas de turberas se almacena en el suelo de turba, y el 10% restante se almacena en la biomasa aérea, aunque esta proporción varía en los varillales (*pole forest* en inglés). Al comparar estas evidencias, de nuestros resultados solo Bajo Loboyoc superó el 90% de carbono de origen de turba, al contrario de las demás turberas estudiadas.

4.4 Características químicas del suelo de cuatro turberas

Amazónicas.

4.4.1 pH y Materia orgánica (MO)

En las cuatro áreas de estudio de las turberas el nivel del pH desciende a medida que aumenta la profundidad del suelo, el valor más alto de pH se observa en Lago Yacumama alcanzando a 4,64 en la superficie del suelo y desciende

hasta 3,90 en dos metros de profundidad, ocurre la misma tendencia en Bello Horizonte y Bajo Loboyoc, mientras que en Madama los niveles de pH son casi constantes en todas las profundidades.

En la cuenca de antepaís Pastaza-Marañón Lähteenoja y Page (2011) evaluaron el pH en las aguas superficiales de la turba y el nivel freático de la turba en diferentes ecosistemas: en pantano de palmeras de *Mauritia flexuosa* en Buena vista de Maquíá ($6,0 \pm 0,2$) y Tacshacocha ($5,1 \pm 0,2$), en bosque de palmera de *M. flexuosa* de San Roque ($5,8 \pm 0,2$), en bosque abierta y dispersa *M. flexuosa* en Maquíá ($6,1 \pm 0,3$) y en Nueva Alianza ($5,7 \pm 0,2$). Al comparar las evidencias anteriores con nuestros resultados de pH de las cuatro áreas de estudio en la profundidad I son más ácidas, varían de 4,64 a 3,75 (Anexo 3), el pH es diferente a pesar de ser ecosistemas similares poblados de *M. flexuosa*, sin embargo se asemejan al pH de otro tipo de ecosistemas, que también reportan Lähteenoja y Page (2011) en bosque de llanura aluvial ($4,5 \pm 0,1$) y bosque de dosel bajo ($4,4 \pm 0,0$) en Roca Fuerte.

En otros estudios de ecosistemas diferentes Sánchez (2018) determinó el pH en bosque (3,93 a 4,76), monocultivo (4,31 a 5), en pastizal (5,19 a 5,34) y en sistema agroforestal (4,3 a 4,69). En cuatro predios de cultivo de café Rojas et al. (2021) determinaron un pH entre 6,38 a 8,30. Por su parte Ccoycca (2018) en 25 sistemas agroforestales encontró pH entre 3,74 a 5,34. En otro estudio de 2 sistemas agroforestales Casimiro (2022) determinó el pH en con valores de 5,96 y 5,64.

Respecto a nuestros resultados de porcentajes de materia orgánica (MO) son muy altos en las cuatro turberas, Lago Yacumama superó a todas, en todas las profundidades, seguida de Bello Horizonte y Bajo Loboyoc, mientras que en Madama la proporción de MO es menor respecto a las demás, sin embargo, supera el 5%, lo cual es considerado una alta proporción, además en esta turbera los niveles de MO son semejantes en todas las profundidades

Nuestros resultados de la proporción de MO comparados con otro tipo de ecosistemas son muy superiores, (Sánchez (2018) determinó el % MO en bosque (0,69 a 1,52), monocultivo (0,17 a 1,25), en pastizal (1,43 a 1,69) y en sistema agroforestal (0,44 a 1,39). En 25 sistemas agroforestales Ccoycca (2018) encontró materia orgánica variando entre 0,56% y 2,96%. En 4 cultivos de café Rojas et al. (2021) encontró el % de MO entre 0,21 a 5,80. En otro estudio de 2 sistemas agroforestales Casimiro (2022) determinó el % de MO con valores de 2,92 y 2,75.

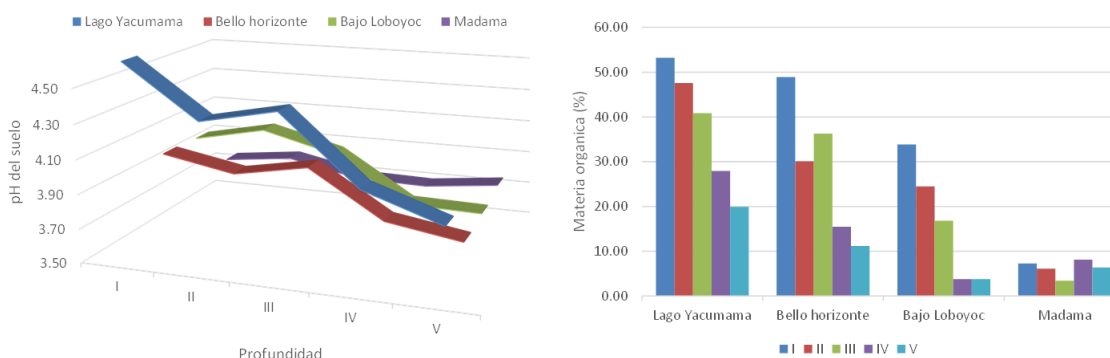


Figura 12: pH y MO del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II: 10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).

En cuanto a la proporción de MO en la profundidad I y II de las cuatro áreas de estudio varió de 53,20% a 6,11% (Anexo 3), lo que indica que los sitios no pueden considerarse turberas. Según la definición del Servicio Geológico de Finlandia las turberas tienen mínimo 30 cm de turba con más del 75% de material orgánico puro (Lähteenoja y Page 2011), lo que sugiere que estas áreas son ecosistemas de humedales.]

4.4.2 Fosforo (P) y potasio (K)

Respecto al contenido de fosforo (P) (Figura 13), también tiene un comportamiento descendente desde la capa superficial del suelo hacia la profundidad (200 cm) en Bajo Loboyoc y Lago Yacumama, en esta ultima el contenido de P en la superficie alcanza a 28,29 ppm siendo mayor de entre todas las áreas de estudio. En Bello Horizonte el nivel de P fue mayor en ultima

profundidad (150 a 200 cm) alcanzando 124,3 ppm; mientras que en Madama no presentó variación en las profundidades (Anexo 3).

La presencia del P en nuestras áreas de estudio fue muy inferior comparado a los hallazgos en las turbas superficiales <90 cm donde, Lähteenoja y Page (2011) reportaron el contenido de P en ecosistemas de pantano de palmeras *M. flexuosa* en Buena Vista del Maquí (433 ± 126 ppm) y en Tacshacocha (670 ± 14 ppm), en bosque de *M. flexuosa* abierta y dispersa en Nueva Alianza (338 ± 222 ppm) y Maquí (175 ± 124 ppm), y en bosque de palmera de *M. flexuosa* San Roque (605 ± 76 kg⁻¹).

Comparando nuestros Hallazgos de la concentración de P con otros ecosistemas, es superior. Sánchez (2018) determinó el contenido de P en bosque (2,6 a 4,4 ppm), monocultivo (1,8 a 5,1 ppm), en pastizal (2 a 3,3 ppm) y en sistema agroforestal (2,4 a 6,2 ppm). En 25 sistemas agroforestales Ccoycca (2018) encontró P entre 2,80 y 8,20 ppm. En cambio otro estudio de 2 sistemas agroforestales de Casimiro (2022) fue superior a nuestros resultados de la concentración de P con valores de 8,61 y 7,58 ppm.

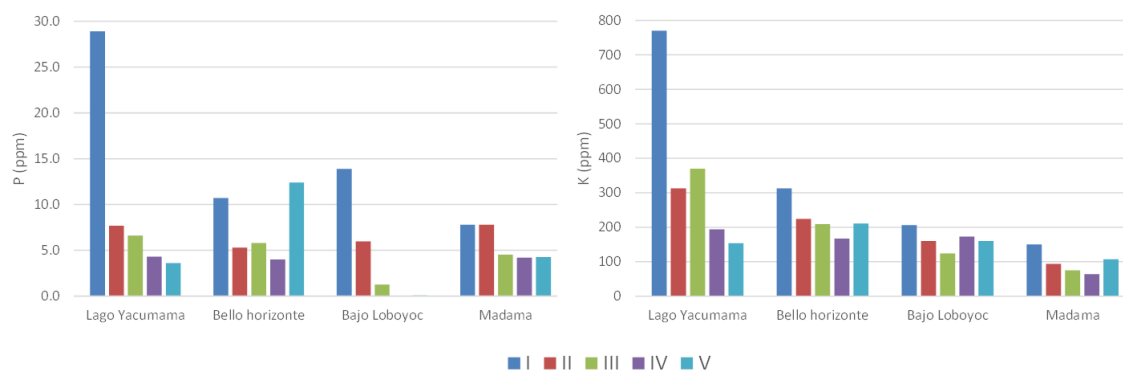


Figura 13: Fosforo (P) y Potasio (K) del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II: 10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm).

El contenido de potasio (K) en las cuatro turberas también tuvo un contenido mayor en la capa superficial del suelo, en Lago Yacumama disminuye cuanto mayor es la profundidad, al igual que los demás elementos, el K alcanzó el valor más alto en la superficie de entre todas las áreas de estudio (770 ppm),

seguida de Bello Horizonte, Bajo Loboyoc y Madama que no superaron los 400 ppm.

En la última profundidad (150-200cm) el contenido de K aumentó respecto a la cuarta profundidad (100-150 cm) en las turberas de Bello Horizonte, Bajo Loboyoc y Madama, esta tendencia es similar a lo reportado por Lähteenoja y Page (2011), también evaluaron la presencia de K en suelo de *bosque de M. flexuosa abierta y dispersa* en Maquía en diferentes profundidades: de 30 a 40 cm (1810 ppm), 80–90 cm (110 ppm), 140–150 cm (100 ppm), en las capas más profundas los valores fueron mayores, siendo superior en la última profundidad 380–390 (10640 ppm). En *pantano de palmeras M. flexuosa* de Tacshacocha la concentración de K en hasta 60 cm de profundidad varió de 4335 ± 4589 ppm. En *bosque de palmera de M. flexuosa San Roque* la presencia de K las profundidades de 30–40 cm (1400 kg^{-1}), 80–90 cm (7490 kg^{-1}), 120–130 cm (4690 kg^{-1}), 170–180 cm (7880 kg^{-1}) y en las demás profundidades fueron valores menores, en la ultima 530–540 cm (350 kg^{-1}). En *pantano de palmeras M. flexuosa Buena Vista del Maquía* la concentración de K las profundidades de 30–40 cm (230 kg^{-1}), 80–90 cm (6550 kg^{-1}), 130–140 cm (8330 kg^{-1}).

Otros estudios realizados en otros tipos de ecosistemas la concentración de K es inferior a nuestros resultados. Sánchez (2018) determinó el contenido de K en bosque (28 a 42 ppm), monocultivo (16 a 50 ppm), en pastizal (45 a 64 ppm) y en sistema agroforestal (44 a 4,94 ppm). En 25 sistemas agroforestales Ccoycca (2018) encontró K entre 40 y 139 ppm. En otro estudio de 2 sistemas agroforestales Casimiro (2022) determinó el contenido de K con valores de 96,21 y 83,59 kg/ha.

4.4.3 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Acides cambiabile (Al+H).

La Capacidad de intercambio catiónico (CIC), al igual que la MO, es mayor en las capas superficiales de los aguajales y disminuye cuanto mayor es la profundidad, hay una alta CIC principalmente en Lago Yacumama (46,80

meq/100g) y Bello Horizonte (36 meq/100g) seguida de Bajo Loboyoc y mientras que la CIC en Madama es casi constante.

Nuestros resultados de la CIC comparado con otros ecosistemas es bastante superior. En 25 sistemas agroforestales Ccoycca (2018) encontró CIC entre 6,40 a 14,40 meq/100g. Por otro lado, en diferentes ecosistemas Sánchez (2018) determinó la CIC en Bosque 3,56 a 8 meq/100g, en monocultivo 6,4 a 8 meq/100g, Pastizal 4,8 a 6,08 meq/100g y en sistema agroforestal 7,52 a 10,72 meq/100g.

Se observa lo mismo para el elemento de Calcio cambiante (Ca) en Lago Yacumama tienen altos niveles de Ca en las profundidades de I (46,80 meq/100g), II (39,20 meq/100g) y III (42,00 meq/100g) coincidentes con los niveles de la CIC de esta turbera, mientras que el resto de las turberas y profundidades los valores de Ca son casi constantes. El contenido de Ca en la turba es el mejor indicador de las condiciones ombrotóficas debido a su concentración limitada tanto en el agua de lluvia como en la atmósfera (Muller et al. 2006). Por lo tanto, las turberas estudiadas por su alto contenido de Ca sería turberas ombrotóficas.

Respecto al Ca Lähteenoja y Page (2011) reportaron la variación del contenido de Ca <90 cm de profundidad en ecosistemas de *pantano de palmeras M. flexuosa* en Buena Vista del Maquí (10250 ± 2328 ppm) y en Tacshacocha con (4650 ± 2701 ppm), en *bosque de M. flexuosa abierta y dispersa* en Nueva Alianza (2818 ± 848 ppm) y Maquí (5905 ± 849 ppm), y en bosque de palmera de M. flexuosa San Roque (9898 ± 1158 kg⁻¹).

Nuestros resultados del contenido de Ca comparados con otros ecosistemas son superiores. Sánchez (2018) determinó la concentración de Ca en Bosque entre 0,91 a 1,18 meq/100g, en monocultivo entre 0,41 a 0,83 meq/100g, en Pastizal entre 1,69 a 2,08 meq/100g y en sistema agroforestal entre 0,53 y 1,1 meq/100g. Por su parte Ccoycca (2018) en 25 sistemas agroforestales encontró Ca entre 0,41 a 4,75 meq/100g.

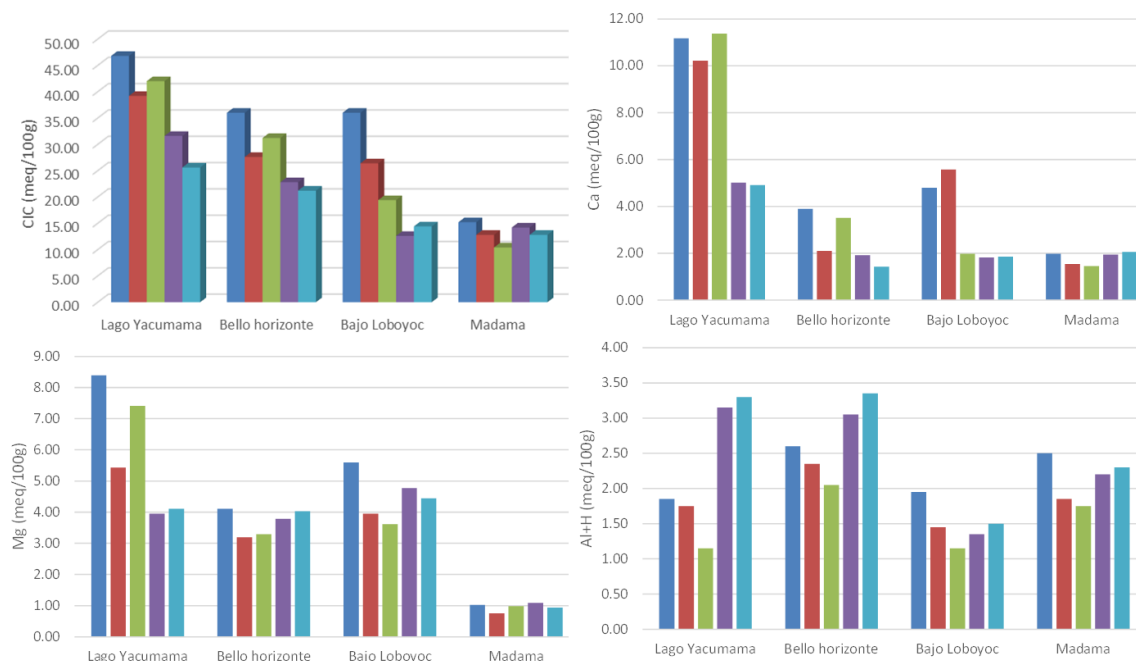


Figura 14: CIC, Ca, Mg y Al+H del suelo de acuerdo a la profundidad (I: 0-10 cm, II: 10-50 cm, III: 50-100 cm, IV: 100-150 cm y V: 150-200 cm), meq 100g⁻¹: miliequivalentes por 100 gramos.

Respecto al Mg se observa la misma tendencia, en Lago Yacumama existe mayor concentración Mg en las tres primeras profundidades y en las turberas de Bajo Loboyoc y Bello Horizonte los niveles de Mg son casi similares, en Madama son muy bajos al igual que la MO.

En ecosistemas ricos en nutrientes Lähteenoja y Page (2011) reportaron la variación del contenido de Mg en diferentes profundidades y formaciones de aguajales. En *pantano de palmeras M. flexuosa* Buena Vista del Maquí la concentración de Mg en las profundidades de 30–40 cm (750 kg⁻¹), 80–90 cm (2990 kg⁻¹), 130–140 cm (3410 kg⁻¹). En *bosque de palmera de M. flexuosa San Roque* la presencia de Mg en las profundidades de 30–40 cm (970 kg⁻¹), 80–90 cm (3310 kg⁻¹), 120–130 cm (2430 kg⁻¹), 170–180 cm (4040 kg⁻¹) y en las demás profundidades fueron valores menores, en la ultima 530–540 cm (1280 kg⁻¹). En *pantano de palmeras M. flexuosa* de Tacshacocha la concentración de Mg en hasta 60 cm de profundidad varió de 1245 ± 658 ppm. En *bosque de M. flexuosa abierta y dispersa* en Maquí la concentración de Mg en diferentes

profundidades: de 30 a 40 cm (570 ppm), 80–90 cm (350 ppm), 140–150 cm (410 ppm), en las capas más profundas los valores fueron mayores, siendo superior en la última profundidad 380–390 (4680 ppm).

La concentración de Al+H, lo que sería la acides cambiabile, aumenta cuanto mayor es la profundidad, hay mayor acides cambiabile en Lago Yacumama (3,30 meq/100 g) y Bello Horizonte (3,35 meq/100 g) en la profundidad IV (100-150 cm) y V (150-200cm), sin embargo, en las demás turberas y profundidades la concentración de Al+H es superior a 1,5 meq/100. Se considera que la concentración de Al+H > 1 es toxico, lo que indica que la acides cambiabile en las turberas está a niveles tóxicos.

4.5 Características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.

En el lago Yacumama, hasta 1.50 m de profundidad, físicamente el suelo no tiene partículas de arena, arcilla ni limo, ya que este suelo está compuesto prácticamente con altos niveles de MO, el mismo patrón se observa en Bello horizonte hasta 1 metro de profundidad, en Bajo Loboyoc ocurre hasta los 50 cm, en cambio, en Madama, los suelos ya muestran proporciones de arena arcilla y limo, siendo mayormente los suelos franco, esto coincide con los valores de densidad aparente de los suelos, (Tabla 10).

Las primeras capas del suelo de turberas fueron MO excepto en Madama, la clase textural en la profundidad V de Lago Yacumama fue franco, en Bello Horizonte en la IV y V profundidad fue Franco Arcillo Arenoso, en Bajo Loboyoc fue Franco en la III y V profundidad, mientras que en la IV fue Franco Arcilloso y en Madama las primeras capas fueron Francos y la IV y V profundidad fue Franco Arenoso. Nuestros hallazgos son similares a los estudios de Ballón (2023) encontró MO y turba en la capa A, B y C; turba arcillosa en el capa D y arcilla en la E en aguajales y varillales.

En dos sistemas agroforestales Casimiro (2022) realizo el análisis mecánico de suelo en plantación de cacao con Capirona donde encontró 19,5% arena; 23,2% arcilla y 57,3% Limo y en plantación de cacao con bolaina blanca

15,2% arena; 22,4% arcilla y 62,4% limo clasificándolo a ambos SA con clase textural Franco limoso.

En sistemas agroforestal Sánchez (2018) determinó clase textural a 20 cm de profundidad como Franco Arenoso y Arena franca y en 40 cm de profundidad Franco Arenoso. Sánchez (2018) en pastizales determinó la clase textural a 20 cm de profundidad como Franco arenoso y a 40 cm como Franco Arcillo Arenoso. En cambio en monocultivo Sánchez (2018) en ambas profundidades de 20 y 40 cm fue Franco Arenoso y en Bosque Protegido en los 20 cm de profundidad fue Franco Arenoso y Arena Franca, mientras que en la profundidad de 40 cm fue Franco Arcillo Arenoso y Franco Arenoso.

Tabla 10. *Análisis mecánico, clase textural y densidad aparente (DA) de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.*

Localidad	Cód.	Profundidad	Análisis Mecánico			Clase Textural	DA
			Arena %	Limo %	Arcilla %		
Lago Yacumama	A1	(0-10)	Material orgánico			Material orgánico	0,090
Lago Yacumama	A2	(10-50)	Material orgánico			Material orgánico	0,090
Lago Yacumama	A3	(50-100)	Material orgánico			Material orgánico	0,135
Lago Yacumama	A4	(100-150)	Material orgánico			Material orgánico	0,135
Lago Yacumama	A5	(150-200)	43	39	18	Fr.	0,138
Bello horizonte	B1	(0-10)	Material orgánico			Material orgánico	0,169
Bello horizonte	B2	(10-50)	Material orgánico			Material orgánico	0,169
Bello horizonte	B3	(50-100)	Material orgánico			Material orgánico	0,150
Bello horizonte	B4	(100-150)	51	26	23	Fr.Ar.A.	0,150
Bello horizonte	B5	(150-200)	55	21	24	Fr.Ar.A.	0,085
Bajo Loboyoc	C1	(0-10)	Material orgánico			Material orgánico	0,935
Bajo Loboyoc	C2	(10-50)	Material orgánico			Material orgánico	0,935
Bajo Loboyoc	C3	(50-100)	43	39	18	Fr.	0,972
Bajo Loboyoc	C4	(100-150)	35	29	36	Fr.Ar.	0,972
Bajo Loboyoc	C5	(150-200)	43	31	26	Fr.	0,576
Madama	D1	(0-10)	35	49	16	Fr.	0,721
Madama	D2	(10-50)	51	35	14	Fr.	0,721
Madama	D3	(50-100)	45	37	18	Fr.	0,604
Madama	D4	(100-150)	57	33	10	Fr.A.	0,604
Madama	D5	(150-200)	55	37	8	Fr.A.	0,618

Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso.

Respecto a la densidad aparente del suelo en las cuatro turberas varía en cuanto a la profundidad, son bajos en las primeras capas compuestas por materia

orgánica porosa con bastantes raíces finas y agua; en cambio los valores de la densidad aparente son altos en las capas más profundas; la textura es Franco, Franco Arenoso y Franco Arcilloso Arenoso.

4.6 Densidad y biomasa de macroinvertebrados

4.6.1 Densidad de macroinvertebrados por localidad

En bajo Loboyoc se encontraron 15 órdenes y 6 macroinvertebrados no identificados, la orden Crassicitellata perteneciente a la especie de las lombrices tuvo mayor densidad con 82 ind/ m^2 (28,2%) en promedio 13 ind/ m^2 por visita, seguida de las termitas de la orden de las Isópteras con 69 ind/ m^2 (23,7%) con un promedio de 11,5 ind/ m^2 por visita y el tercer orden más abundante fue Hymenóptera pertenecientes a la especie de las hormigas, con un total de 46 ind/ m^2 (15,8%) con un promedio de 7,7 ind/ m^2 por cada salida, (Tabla 35 del Anexo y Figura 15) .

En Bello Horizonte se encontraron 16 órdenes y 3 macroinvertebrados no identificados de las cuales la orden Crassicitellata fue la más abundante con un total de 109 ind/ m^2 (20,3%) con un promedio de 18,2 ind/ m^2 por visita, seguida de la orden de Hymenoptera con un total 98 ind/ m^2 (18,3%) con un promedio de 16,3 ind/ m^2 visita, en tercer lugar fue la orden Isoptera con 97 ind/ m^2 (18,1%) con un promedio de 16,2 ind/ m^2 por visita y finalmente la orden Chilopoda que corresponde a la especie de los ciempiés con 48 ind/ m^2 (9%) con un promedio de 8 ind/ m^2 por visita, (Tabla 34 del Anexo y Figura 15) .

En Lago Yacumama se observaron solamente 13 órdenes y 6 individuos no identificados, la más predominante fue la orden Isóptera con 267 ind/ m^2) (37,9%) con un promedio de 44,5 ind/ m^2 visita, seguida de la orden Hymenoptera con 116 ind/ m^2) (16,5%) con un promedio de 19,3 ind/ m^2 por visita y la orden Crassicitellata con 114 ind/ m^2 (16,2%) con un promedio de 19 ind/ m^2 por cada visita, (Tabla 34 del Anexo y Figura 15) .

En Bajo Loboyoc, Bello Horizonte y Lago Yacumama se encontró mayor cantidad de hormigas y termitas evidenciando que en los suelos de mayor pH, la abundancia de estos organismos es mayor (Rojas et al. 2021)

De entre todas las turberas Madama tuvo la mayor cantidad de macroinvertebrados con un total de 756 Ind/m² y 12 órdenes, siendo la más número sa la orden Crassicitellata con una densidad de 423 Ind/m² (56%) con un promedio de 70 Ind/m² por visita, seguida de Hymenoptera 134 Ind/m²(17%) con un promedio de 22 Ind/m² y la orden Araneae 44 Ind/m² (5%) con un promedio de 7 Ind/m² por visita, (Tabla 34 del Anexo y Figura 15) .

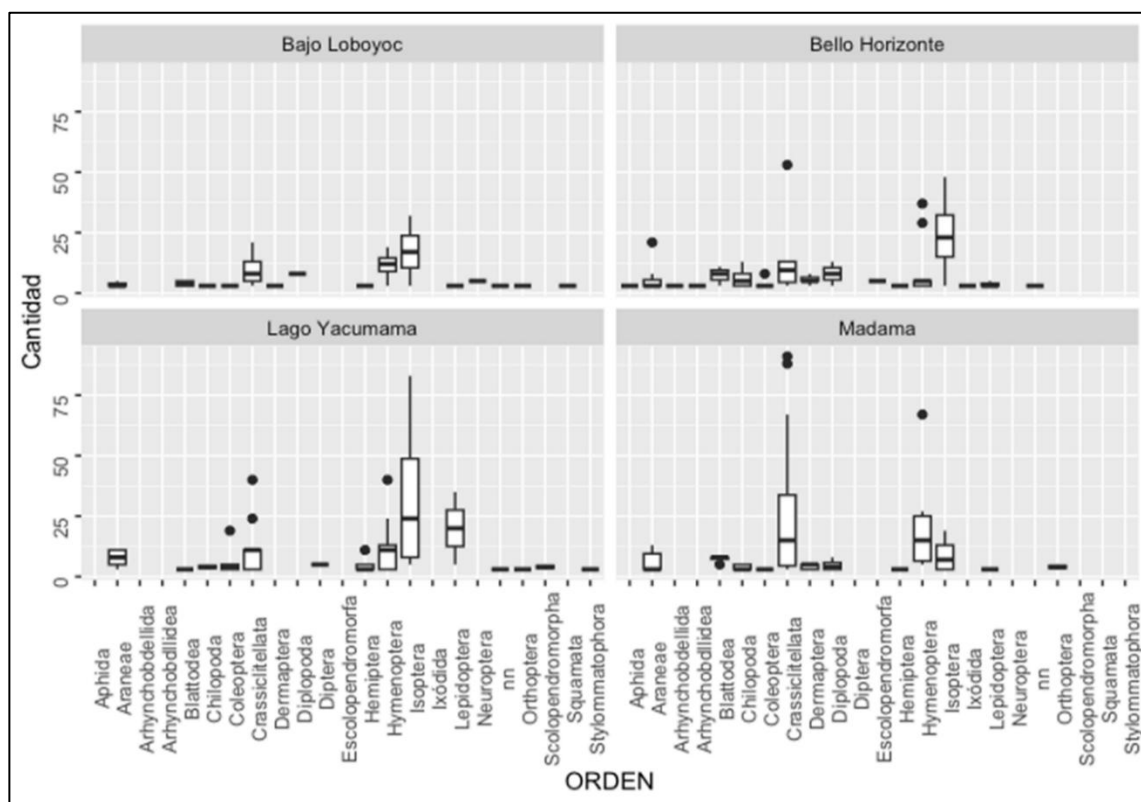


Figura 15: Densidad de macroinvertebrados por localidad

En los cuatro sitios de turberas evaluadas, se encontraron 22 órdenes de macrofauna y 15 individuos no identificados, con una densidad total de 2288 individuos por cada m² (ind/m²) similar a lo reportado por Ponce de Leon y Huaylla

(2023) de 2125 Ind/m² para bosque inundable de palmeras, mientras que la densidad de macroinvertebrados en estudios de Sistemas Agroforestales (SA) tropicales es notablemente inferior: 163,09 ind/m² (Leon 2018), 896 ind/m² y 896 ind/m² en dos SA (Sagawa 2014), 1028 Ind/m² y 758 Ind/m² en dos SA (Casimiro 2022) y para bosque tropical primario reportaron 1819 Ind/m² (Ponce de Leon y Huaylla 2023), 880 Ind/m² (Sagawa 2014).

Las órdenes más predominantes para las cuatro áreas de estudio fueron Crassicitellata con 728 Ind/m², Isoptera 469 Ind/m², Hymenoptera 394 Ind/m² y Araneae con 137 Ind/m², (Tabla 34 del Anexo).

El orden Crassicitellata conocidas comúnmente como lombrices, fue el grupo más abundante de las cuatro turberas estudiadas con una densidad de total de 728 Ind/m², representando el 31,8% de densidad total y 67,7% de biomasa total. Este grupo, generalmente es abundante en los suelos tropicales, diversos estudios en suelos tropicales han encontrado una proporción inferior de las lombrices: 42,9% (Ccoycca Leon 2018) y 32,70% (Sagawa 2014). La orden isóptera fue el segundo grupo abundante en las cuatro turberas con 469 Ind/m², representando el 20,5% de la densidad total y Hymenoptera 394 Ind/m² representando 17,2%, sin embargo, estas dos órdenes tuvieron baja biomasa.

4.6.2 Densidad de macroinvertebrados por meses

En mes 1 (setiembre) se tuvo una densidad total de 336 ind/m² de los cuales predomino la orden Crasicitellata (118 ind/m²), con un promedio de 10,8 ind/m² por visita (3 a 53 ind/m²). También Isoptera resalto con 52 ind/m², con promedio de 9 ind/m² por visita (3 a 40 ind/m²) (Tabla 39 del Anexo).

El mayor registro de macrofauna fue en mes 2 (octubre) con una densidad total de 719 ind/m², de las cuales isóptera fue la más abundante con 190 ind/m² con un promedio de 38 ind/m² por visita (21 a 75 ind/m²) seguida de la orden Hymenoptera (155 ind/m²) con un promedio de 19 ind/m² por visita (3 a 67 ind/m²) (Tabla 39 del Anexo).

En el mes 3 (noviembre) la densidad total disminuyó ($459 \text{ ind}/\text{m}^2$), siendo más abundante la orden Crassiditellata ($164 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $16 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (88 a $3 \text{ ind}/\text{m}^2$), isóptera ($62 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio $15 \text{ ind}/\text{m}^2$ (27 a $3 \text{ ind}/\text{m}^2$) y Hymenoptera ($88 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $14 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (37 a $3 \text{ ind}/\text{m}^2$) (Tabla 39 del Anexo).

En el cuarto mes (diciembre) ha continuado reduciendo la densidad total ($386 \text{ ind}/\text{m}^2$), siendo más abundante la orden Crassiditellata ($179 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $17 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (3 a $91 \text{ ind}/\text{m}^2$), Isoptera ($94 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $31 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (3 a $81 \text{ ind}/\text{m}^2$) y la orden Hymenoptera ($33 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $11 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (3 a $19 \text{ ind}/\text{m}^2$) (Tabla 39 del Anexo).

En el quinto mes (enero) ha continuado disminuyendo la densidad total ($334 \text{ ind}/\text{m}^2$) Crassiditellata ($115 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $19 \text{ ind}/\text{m}^2$ por visita (3 a $67 \text{ ind}/\text{m}^2$), Isoptera ($53 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $26 \text{ ind}/\text{m}^2$ (21 a $32 \text{ ind}/\text{m}^2$) e Hymenoptera ($70 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $14 \text{ ind}/\text{m}^2$ (3 a $40 \text{ ind}/\text{m}^2$) (Tabla 39 del Anexo).

El sexto mes (febrero) fue la última visita donde la densidad se redujo drásticamente ($54 \text{ ind}/\text{m}^2$) donde predominó Isoptera ($19 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $9 \text{ ind}/\text{m}^2$ y Coleoptera ($9 \text{ ind}/\text{m}^2$) con promedio de $3 \text{ ind}/\text{m}^2$ (Tabla 40 del Anexo).

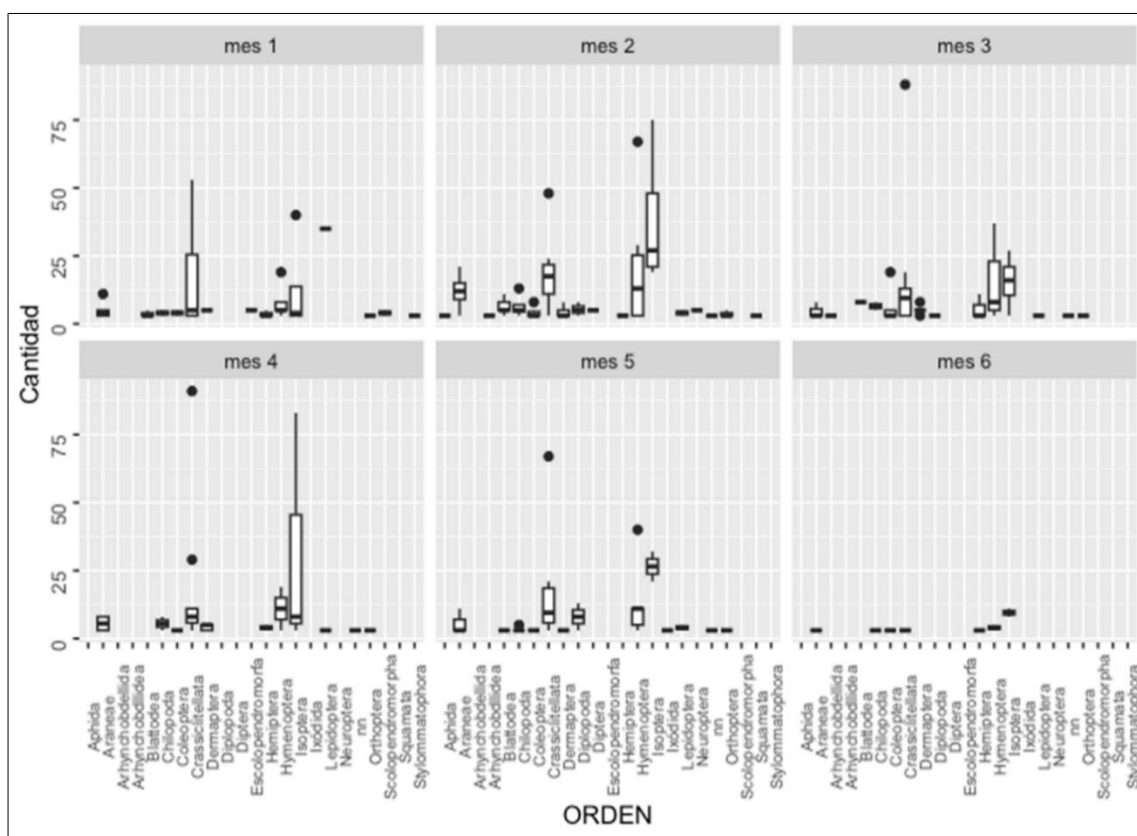


Figura 16: Densidad de macroinvertebrados por meses (Mes 1: setiembre, mes 2: octubre, mes 3: noviembre, mes 4: diciembre, mes 5: enero, mes 6: febrero).

La variación de la densidad de los macroinvertebrados se podría atribuir a la variación de las precipitaciones mensuales, ya que a partir de octubre la disminución de la densidad fue continua hasta febrero (54 ind/m^2) lo que acerca al reporte de Ponce de Leon y Huaylla (2023) junio (147 ind/m^2) y agosto (557 ind/m^2).

4.6.3 Densidad de macroinvertebrados por profundidad

Para el análisis de la densidad de macroinvertebrados por profundidad (hojarasca, 0 a 10 cm y 10 a 20 cm) se tomó en cuenta todos los individuos colectados en los 6 meses de estudio para cada área de estudio.

En la hojarasca se encontró un total de 1207 ind/m^2 , donde la turbera con mayor densidad de macroinvertebrados en la hojarasca fue Lago Yacumama (450 ind/m^2), siendo la más abundante Isóptera (192 ind/m^2), Hymenoptera (92

ind/m²) y Crassicitellata (54 ind/m²) con promedio de 38, 15 y 18 ind/m² respectivamente, (Tabla 42 del Anexo). En Bello Horizonte se observó un total de 299 ind/m² en hojarasca, donde la orden más abundante fue Hymenoptera (87 ind/m²) y Isoptera (67 ind/m²) con promedio de 12 y 33 ind/m² por visita, (Tabla 41 del Anexo). Madama tuvo un valor similar con 297 ind/m², donde también resaltó Hymenoptera (129 ind/m²), Isóptera (38 ind/m²) y Araneae (36 ind/m²) con promedio de 25 y 7 ind/m² para las 2 últimas, (Tabla 43 del Anexo). Finalmente, Bajo Loboyoc tuvo menos abundancia con 161 ind/m², siendo Isoptera (48 ind/m²) e Hymenoptera (43 ind/m²) con promedio de 9 y 8 ind/m², (Tabla 40 del Anexo).

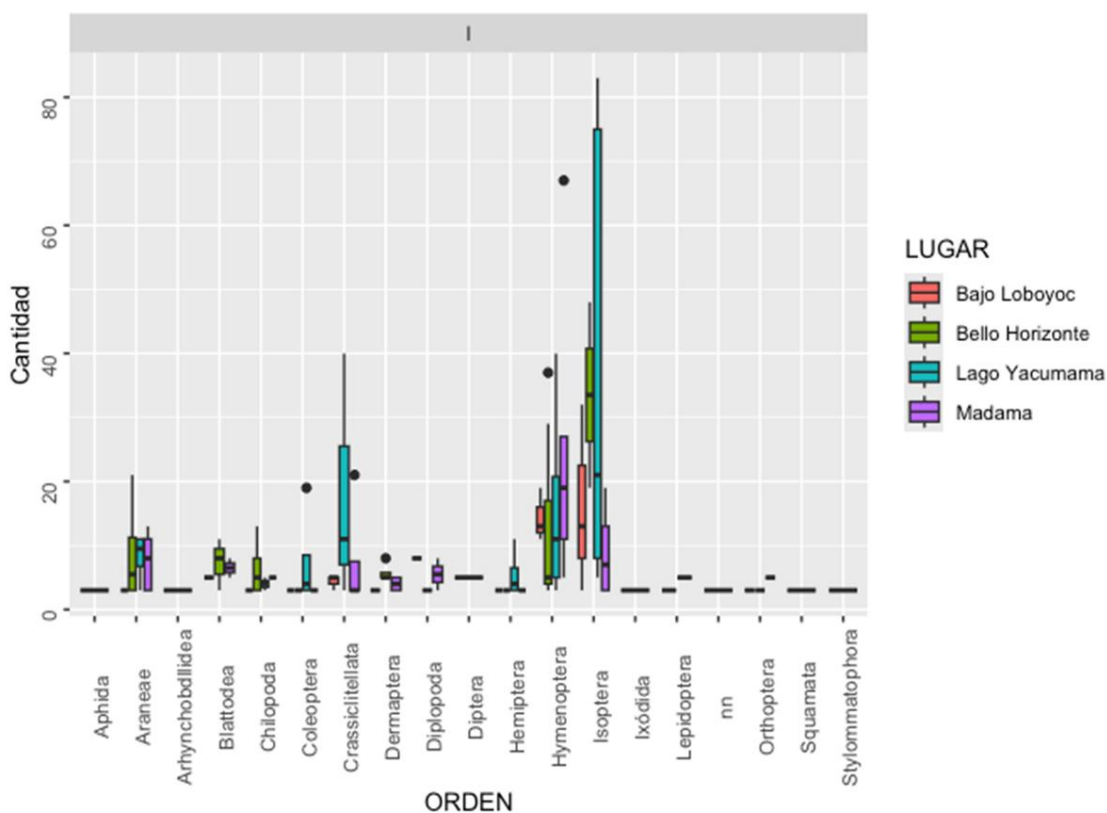


Figura 17: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad I (hojarasca) de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

En la hojarasca presento mayor densidad de macroinvertebrados pertenecientes a la orden Isóptera, Hymenoptera, Crassicitellata y Araneae respecto a las demás ordenes (Figura 17).

En el caso de la profundidad de 0 a 10 cm se encontró una densidad total de 897 ind/m², en la turbera de Madama se encontró el registro más alto de macroinvertebrados con un valor total de 365 ind/m², de los cuales la más abundante fue la orden Crassiclitellata (305 ind/m²) con promedio de 61 ind/m²(Tabla 43 del Anexo). En Bello Horizonte se encontró 226 ind/m², de los cuales también fue mayor la orden Crassiclitellata (101 ind/m²) con promedio de 20 ind/m² fue dominante, seguida de Isoptera (30 ind/m²) con 15 ind/m² por visita (Tabla 41 del Anexo). En Lago Yacumama se encontró 214 ind/m² en total siendo la más predominante la orden Isóptera (75 ind/m²) con promedio de 25 ind/m², seguida de Crassiclitellata (49 ind/m²) con promedio de 16 ind/m² (Tabla 42 del Anexo), mientras que en Bajo Loboyoc solo se encontró 92 ind/m² donde también predominó las isópteras con 21 ind/m²(Tabla 40 del Anexo).

En las cuatro áreas de estudio la abundancia de los macroinvertebrados del suelo fue mayor en la profundidad de 0-10 cm., que en la profundidad de 10-20 cm. Esto coincide con los resultados de (Welemariam et al. 2018).

En la profundidad de 0 a 10 cm, Casimiro (2022) determinó mayor densidad de macrofauna en SA Cacao con Capirona (916 ind/m²) y SA cacao con bolaina blanca (631 ind/m²).

En la misma profundidad (Ponce de Leon y Huaylla 2023) encontraron una densidad de 789 ind/m² en bosque de terraza alta con castaña y 1059 ind/m² en bosque inundable con palmeras.

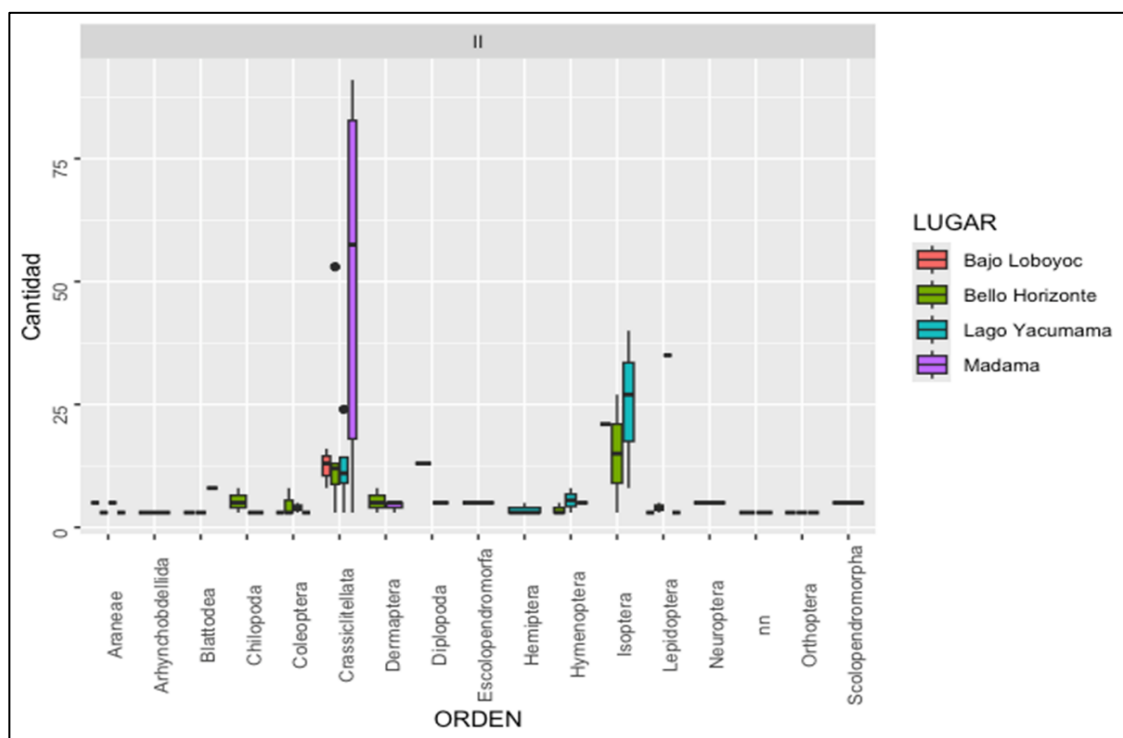


Figura 18: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad de II (0 a 10 cm) en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

En la profundidad de 0 a 10 cm las más predominantes fueron los ordenes Crassicephalata e Isoptera, lo que indica la buena calidad del suelo en esta profundidad de las turberas. Ya que las lombrices y las termitas son denominados "ingenieros del ecosistema" porque tienen un impacto muy fuerte en el ambiente del suelo (Lavelle et al., 1999, Jones y Eggleton, 2000) citado por (Zida et al. 2011). Las lombrices, a través de sus actividades de excavación y alimentación, influyen en las propiedades físicas del suelo como la aireación, la infiltración y la hidrología (Blanchart et al. 2004). Por otro lado, el comportamiento de las termitas al seleccionar, transportar y manipular partículas de suelo y unir las produce algunos cambios inmediatos en la estructura y las propiedades del suelo (Mando y Miedema 1997).

En la profundidad de 10 a 20 cm sólo se encontró 184 ind/m², de los cuales predominó el orden Crassicephalata en las cuatro áreas de estudio, siendo mayor en Madama (88 ind/m²) con promedio de 14 ind/m² en comparación con Bajo

Loboyoc (32 ind/m²), Lago Yacumama (11 ind/m²) y Bello Horizonte (8 ind/m²) con promedio de 10; 5 y 4 ind/m² por visita, respectivamente (Tablas del 40 al 43 del Anexo)..

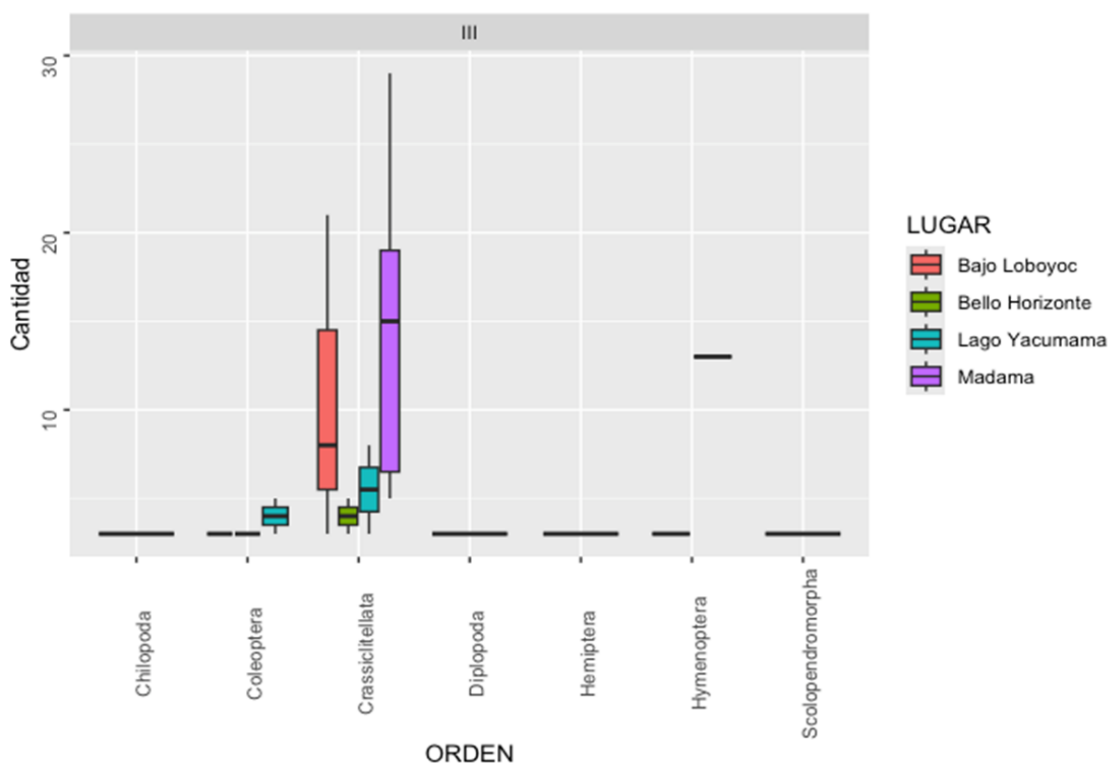


Figura 19: Densidad de macroinvertebrados en la profundidad de 0 a 10 cm en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

La baja densidad de los macroinvertebrados en esta profundidad se atribuye a la saturación de la turba que genera falta de oxígeno, lo cual limita la supervivencia de los macroinvertebrados. En las cuatro áreas de estudio la familia de las lombrices tuvo mayor densidad en esta profundidad.

4.6.4 Biomasa por localidad

La biomasa total de macroinvertebrados del suelo fue mayor en Bajo Loboyoc (81,44 gr/m²), seguida de madama (75,18 gr/m²), Lago Yacumama (40,68 gr/m²) y con el valor más bajo Bello Horizonte (39,04 gr/m²) (Tabla 44 del Anexo).

Las cifras mencionadas anteriormente son superiores a la biomasa en otros ecosistemas. Ccoycca (2018) a reportado 17,09 g/m² y 11,36 g/m² de biomasa en 25 sistemas agroforestales de Laberinto e Inambari. También Sagawa (2014) estimo la biomasa en Sistema agroforestal cultivos (15,45 g/m²), Sistema agroforestal café (18,55 g/m²), Bosque primario (9,64 g/m²) y Bosque secundario (8,03 g/m²). Por su parte Sánchez (2018) encontró biomasa de macrofauna en Pastizal (20,26 g/m²), sistema agroforestal (11,06 g/m²), monocultivo (7,99 g/m²) y bosque (5,68 g/m²).

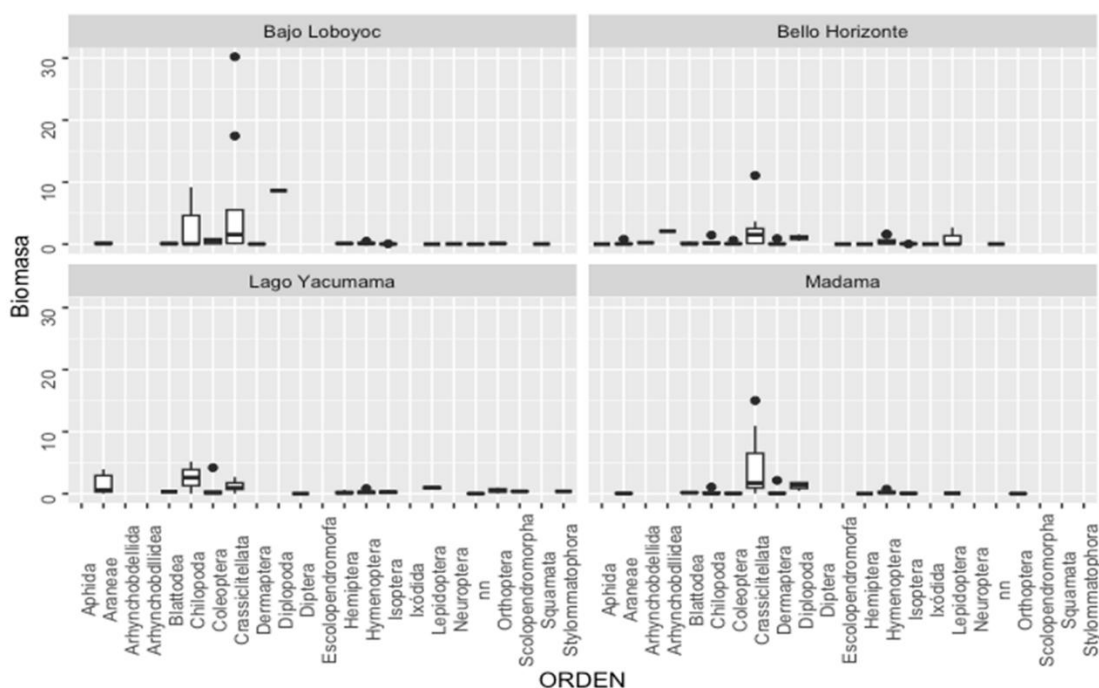


Figura 20: Biomasa de los macroinvertebrados de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

La orden con valor mayor de biomasa fue Crassidellata para las cuatro turberas; en Bajo Loboyoc (59,3 gr/m²), Bello Horizonte (20,09 gr/m²), en Madama (62,9 gr/m²) y Lago Yacumama (10,62 gr/m²). También Chilopoda fue mayor en Bajo Loboyoc (9,24 gr/m²), Hymenoptera en Bello Horizonte (5,18 gr/m²), la orden Araneae en Lago Yacumama (7,77 gr/m²) y en Madama Diplopoda (5,07 gr/m²) (Figura 20).

La biomasa de las lombrices de este estudio fue bastante superior a los siguientes estudios: Ccoycca Leon (2018) determinó que las ordenes Haplotaxida ($12,71 \text{ gr/m}^2$) y Coleoptera ($1,5 \text{ gr/m}^2$) tienen mayor biomasa en sistemas agroforestales.

En otro estudio, Sagawa (2014) reportó que la orden Haplotaxida presentó mayor biomasa en Sistema agroforestal cultivos ($11,58 \text{ gr/m}^2$) y Bosque primario ($5,19 \text{ g/m}^2$); mientras que la orden Isopoda tuvo mayor biomasa en Bosque secundario ($3,21 \text{ g/m}^2$) e Isoptera en el Sistema agroforestal café ($8,29 \text{ gr/m}^2$).

Ponce de Leon y Huaylla (2023) encontraron mayor biomasa de las ordenes de Coleoptera ($5,3 \text{ gr/m}^2$), Lepidoptera ($4,5 \text{ gr/m}^2$) y Haplotaxida ($4,4 \text{ gr/m}^2$) en suelo de bosque de terraza alta con castaña, y Scolopendromorpha ($6,34 \text{ gr/m}^2$) y Coleoptera ($3,29 \text{ gr/m}^2$) en bosque inundable con palmeras en el Distrito de Las Piedras.

4.6.5 Biomasa de macroinvertebrados por meses.

Respecto a la biomasa total en el tiempo se registró mayor para el mes de diciembre (67 gr/m^2), Octubre ($66,3 \text{ gr/m}^2$), enero ($40,6 \text{ gr/m}^2$) noviembre ($33,7 \text{ gr/m}^2$), setiembre ($27,6 \text{ gr/m}^2$) y febrero con solo 1 gr/m^2 . La orden Crassidellata fue mayor en todos los meses (Tabla 45 del Anexo y Figura 21).

Al respecto Jiang et al.(2015) menciona que los macroinvertebrados del suelo expresan en su densidad y biomasa respuestas ambientales ligadas más con la cobertura y humedad que con la variación química. Algunos autores mencionan que la disminución de la macrofauna puede darse por las condiciones del suelo y al incremento de las temperaturas (Teixeira, 2014)(Rojas et al. 2021).

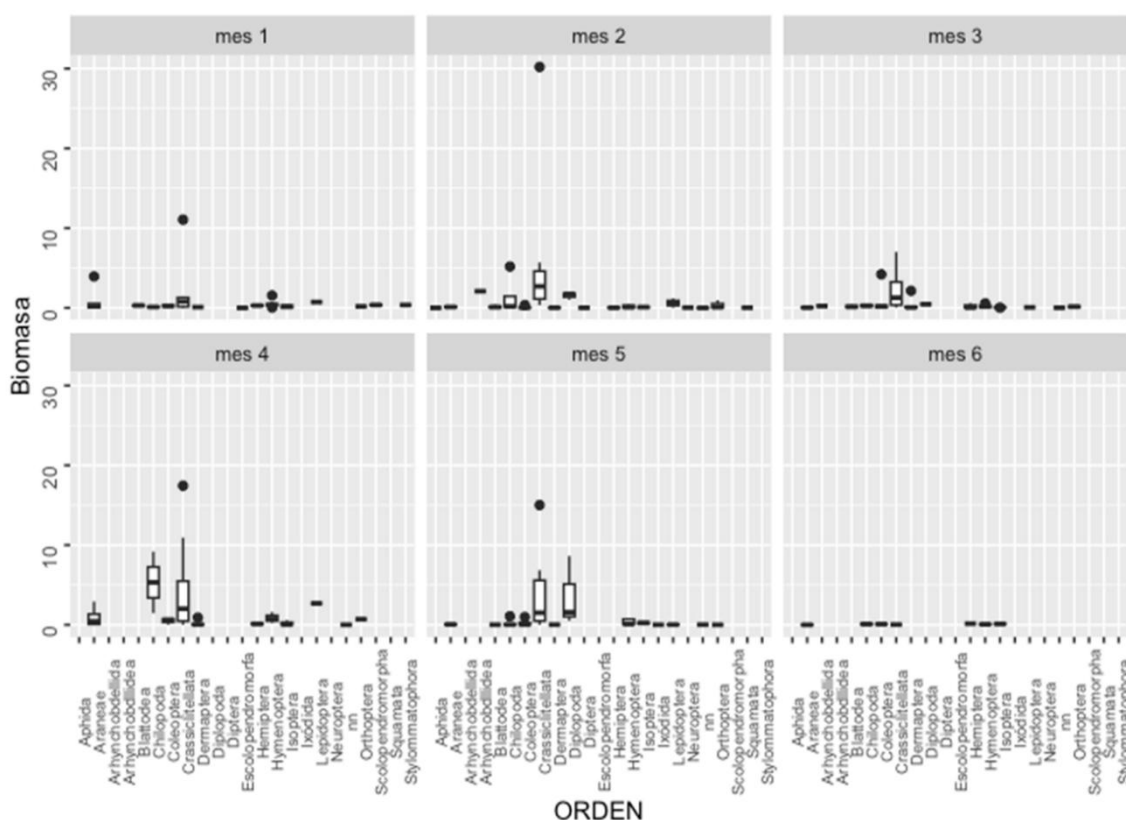


Figura 21: Biomasa de los macroinvertebrados por meses. Donde: mes 1=setiembre, mes 2=octubre, mes 3=noviembre, mes 4=diciembre, mes 5=enero y mes 6=febrero.

4.7 Diversidad de macroinvertebrados

4.7.1 Diversidad de macroinvertebrados por área de estudio

La el índice de diversidad de Shannon-Wiener fue bajo, encontrándose entre los rangos de 1,53 a 2,26 en las cuatro áreas de estudio (Tabla 11), no encontramos antecedentes de macroinvertebrados en turberas, razón por lo que comparamos la diversidad del mismo en otro tipo de ecosistemas.

Tabla 11. Diversidad de Shannon H en macroinvertebrados por localidad.

	Bajo Loboyoc	Bello Horizonte	Lago Yacumama	Madama
Orden	15	17	14	12
Individuales	291	536	705	756
Dominancia	0,17	0,13	0,21	0,35
Shannon	2,15	2,26	1,92	1,53

Bello Horizonte tuvo mayor diversidad de macroinvertebrados con 2,26 de índice de diversidad de Shannon H, este valor es similar a bosque secundario (2,25) reportado por (Sagawa Vasquez 2014). La turbera con menor diversidad de macroinvertebrados fue Madama, pero fue similar a lo de sistema agroforestal (1,34) reportado también por (Sagawa Vasquez 2014). Por su parte, Sánchez Díaz (2018) indicó bajos valores de índice de diversidad de Shannon en: pastizal de (1,62), Sistema Agroforestal (1,58), monocultivo de shiringa (1,51) y bosque protegido (1,48).

En cambio Casimiro Salazar (2022) reportó rangos de diversidad de macrofauna entre 2,86 y 2,43 en dos sistemas agroforestales: cacao con Capirona y cacao con bolaina blanca. Al igual que Ccoycca Leon (2018) también reportó un índice de 2,60 en 25 predios agroforestales. Por otro lado, Ponce de Leon y Huaylla (2023) encontraron una baja diversidad en Bosque de terraza alta con Castaña con un índice 1,79 y en Bosque inundable con palmeras presentó un índice 2,02.

Las cifras de diversidad antes mencionadas sugiere que en los sistemas agroforestales tienen mayor diversidad de macroinvertebrados que en aguajales. Al respecto Vera-Aviles et al. (2020), señalan que la diversidad de individuos es mayor en agroecosistemas mixtos y está asociada con la calidad de los suelos.

4.7.2 Diversidad de macroinvertebrados por meses de estudio.

En bajo Loboyoc se observa mayor diversidad y densidad de macroinvertebrados en el mes 2 (octubre) alcanzando 2,08 de índice de diversidad de Shannon Wiener, sin embargo, la mayor dominancia fue en mes 1 (setiembre) (Tabla 12).

Tabla 12. *Diversidad de macroinvertebrados por meses en Bajo Loboyoc.*

Bajo Loboyoc						
Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Orden	8	12	3	6	7	
Individuos	47	111	29	36	68	
Dominancia	0,2072	0,1748	0,3916	0,3571	0,2704	
Shannon	1,859	2,082	0,9885	1,419	1,61	

En Bello Horizonte, en todos los meses la diversidad fue baja, excepto en mes 2 (octubre) alcanzo a 2,128 con 182 individuos, sin embargo, el mes 1 (setiembre) tuvo mayor dominancia (Tabla 13).

Tabla 13. *Diversidad de macroinvertebrados por meses en Bello Horizonte.*

Bello Horizonte						
Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Orden	7	11	10	6	8	4
Individuos	93	182	158	28	55	20
Dominancia	0,5276	0,1435	0,1908	0,1799	0,1535	0,2737
Shannon	1,119	2,128	1,916	1,762	1,982	1,35

En Lago Yacumama ocurre lo mismo comportamiento que las anteriores, hay mayor índice de diversidad de Shannon Wiener en mes 2 y mayor dominancia el mes 1 (Tabla 14).

Tabla 14. *Diversidad de macroinvertebrados por meses en Lago Yacumama.*

Lago Yacumama						
Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Orden	10	10	6	7	5	3
Individuos	174	209	78	154	76	14
Dominancia	0,1735	0,2913	0,2278	0,4008	0,3621	0,3736
Shannon	1,955	1,653	1,59	1,267	1,227	1,051

En Madama, la diversidad de macroinvertebrados de ningún mes logro superar el valor de 2 en el índice de diversidad de Shannon Wiener, respecto a la dominancia, el mes 4(diciembre) presento mayor dominancia con 0,57 (Tabla 15).

Tabla 15. *Diversidad de macroinvertebrados por meses en Madama.*

Madama						
Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Orden	4	10	10	6	5	4
Individuos	22	217	194	168	135	20
Dominancia	0,2424	0,2181	0,405	0,5703	0,5549	0,3368

Shannon	1,399	1,823	1,368	0,938	0,9398	1,258
---------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

En el mes de octubre en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama se identificó mayor cantidad de Órdenes, entre ellos, las lombrices de tierra, comejenes y hormigas. Al respecto Welemariam et al. (2018) señala que pueden estar relacionados con la humedad del suelo.

4.7.3 Comparación de la diversidad de macroinvertebrados entre las áreas de estudio

De acuerdo al dendrograma de similaridad de Bray Curtis, la diversidad de macroinvertebrados de Lago Yacumama y Bello Horizonte tienen una semejanza de 69%, y estos a la vez son semejantes a Bajo Loboyoc en 52% y 68%, respectivamente. Mientras que, en Madama, la diversidad de macroinvertebrados es solo 46% semejante a Bajo Loboyoc, 61% a Bello Horizonte y 48% a Lago Yacumama (Tabla 44 del Anexo y Figura 22).

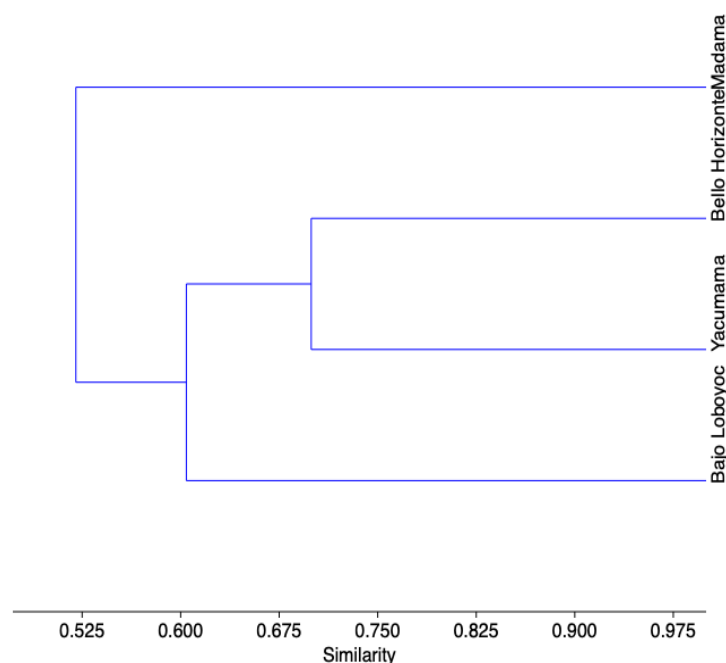


Figura 22: Similaridad de Bray-Curtis de macroinvertebrados en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama

CONCLUSIONES

El Índice de diversidad de Shannon varía de 2,45 a 1,68 considerándose de baja diversidad, compuestos de 52 a 87 individuos, de 11 a 21 especies, de 11 a 21 géneros y de 8 a 17 familias en 0,1 ha; Bello Horizonte y Madama están dominadas por la especie *Mauritia Flexuosa*, Bajo Loboyoc por *Socratea exorrhiza* y *Euterpe Precatoria*, mientras que Lago Yacumama está dominada por *Mauritia Flexuosa* y *Pachira aquatica*.

La biomasa total de Bajo Loboyoc es 172,79 t/ha, en Bello Horizonte 483,06 t/ha, Lago Yacumama 254,17 t/ha y Madama 283,61 t/ha, donde la biomasa aérea tiene una proporción de 85,61 a 88,01% y la biomasa radicular de 11,99 a 14,39%.

El stock de Carbono total de Bajo Loboyoc es 1445,01 t C/ha, en Bello Horizonte 719,54 t C/ha, Lago Yacumama 639,39 t C/ha y Madama 580,50 t C/ha, el suelo aporta de 78,02 a 94,62% de C en las turberas, la biomasa 4,61 a 26,59% y la biomasa radicular solo aporta de 0,77 a 3,72% del stock de carbono total.

Todas las áreas de estudio revelan suelos ácidos, el pH disminuye con la profundidad, al igual que la MO y nutrientes, como fósforo (P) y potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las capas superficiales es mayor reflejando su alta fertilidad, aunque en Bello Horizonte, se observa un incremento de P en profundidades mayores. Sin embargo, la acidez cambiante (Al+H) es elevada en todas las turberas, lo que sugiere condiciones de toxicidad a mayor profundidad.

Los suelos de las turberas difieren en sus características físicas según la profundidad, en Lago Yacumama y Bello Horizonte, predominan suelos de materia orgánica hasta 1,50 m y 1 m respectivamente, mientras que en Bajo Loboyoc ocurren hasta los 50 cm, en cambio en Madama, hay presencia de arena, arcilla y limo desde las primeras capas, con texturas franco.

Las órdenes de macroinvertebrados con mayor densidad fueron Crassiditellata, Isóptera e Hymenoptera; el mayor registro de densidad fue en mes de octubre; y en la profundidad de hojarasca se encontró mayor densidad de macroinvertebrados, siendo los más abundantes Isóptera, Hymenoptera, Crassiditellata y Araneae. La orden Crassiditellata tuvo mayor abundancia en las cuatro turberas; el mes de diciembre tuvo mayor biomasa.

En Bajo Loboyoc se encontró 15 órdenes de macroinvertebrados, en Bello Horizonte 16, en Lago Yacumama 13 y en Madama 12; en todas las áreas de estudio la diversidad fue bajo, siendo el mes de octubre con mayor diversidad de macroinvertebrados en todas las áreas estudiadas.

SUGERENCIAS

Se recomienda emplear herramientas de teledetección como las imágenes multiespectrales de los Satélites como Landsat, Sentinel, MODIS, o de las imágenes de Planet Labs; para determinar el área total y los tipos de turberas de Madre de Dios mediante una clasificación supervisada en programas SIG o Softwares de análisis de imágenes como: ArcGIS, ERDAS Imagine, ENVI, y Google Earth Engine. Este enfoque permitirá obtener información precisa y actualizada sobre la extensión y clasificación de estos ecosistemas y podrá ser útil para incluir estas áreas en proyectos de conservación ecosistémica.

Se recomienda realizar investigaciones detalladas en parcelas permanentes de monitoreo sobre la acumulación de materia orgánica en los bosques inundables de Madre de Dios. Esto contribuirá a comprender mejor el papel de estos ecosistemas en el ciclo del carbono y su función como sumideros de carbono.

Se sugiere llevar a cabo estudios comparativos entre turberas o aguajales afectados por minería aluvial y aquellos que no han sido intervenidos. Este análisis permitirá cuantificar el impacto de esta actividad en la funcionalidad y biodiversidad de las turberas en Madre de Dios.

Se recomienda realizar estudios de macroinvertebrados en turberas durante las épocas de lluvias y épocas secas, ya que estos organismos desempeñan roles fundamentales en la salud, funcionamiento y sostenibilidad de estos ecosistemas únicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ-MONTALVÁN, C.E., MANRIQUE-LEÓN, S., FONSECA, M.V.-D., CARDOZO-SOAREZ, J., CALLO-CCORCCA, J., BRAVO-CAMARA, P., CASTAÑEDA-TINCO, I. y ALVAREZ-ORELLANA, J., 2021. Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque amazónico en Perú. *Scientia Agropecuaria*, vol. 12, no. 1, ISSN 2306-6741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2021.009.
- ANDERSON, J.M. y INGRAM, J.S.I., 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. S.I.: C.A.B. International. ISBN 978-0-85198-821-4.
- ARAUJO, E.C.G., SANQUETTA, C.R., DALLA CORTE, A.P., PELISSARI, A.L., ORSO, G.A. y SILVA, T.C., 2023. Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. *Journal of Environmental Management*, vol. 331, ISSN 03014797. DOI 10.1016/j.jenvman.2023.117251.
- BALLÓN FALCÓN, C.L., 2023. «Estudio de la dinámica y almacenamiento de carbono en los bosques pantanosos en los ríos Ucayali, Marañón y Tigre en la Región Loreto» [en línea]. Tesis de doctorado. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6292>.
- BALWAN, W.K. y KOUR, S., 2021. Wetland- An Ecological Boon for the Environment. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, vol. 4, no. 3, ISSN 26174472, 26177277. DOI 10.36349/easjals.2021.v04i03.001.
- BARBOZA, N.L., CRUZ, J.M.D.A., CORRÊA, R.F., LAMARÃO, C.V., LIMA, A.R., INADA, N.M., SANCHES, E.A., BEZERRA, J.D.A. y CAMPELO, P.H., 2022. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.): An Amazonian fruit with potential health benefits. *Food Research International*, vol. 159, ISSN 09639969. DOI 10.1016/j.foodres.2022.111654.
- BLANCHART, E., ALBRECHT, A., BROWN, G., DECAENS, T., DUBOISSET, A., LAVELLE, P., MARIANI, L. y ROOSE, E., 2004. Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 104, no. 2, ISSN 01678809. DOI 10.1016/j.agee.2004.01.031.
- BUFEBO, B., ELIAS, E. y GETU, E., 2021. Abundance and diversity of soil invertebrate macro-fauna in different land uses at Shenkolla watershed,

- South Central Ethiopia. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, vol. 82, no. 1, ISSN 2090-990X. DOI 10.1186/s41936-021-00206-1.
- CABRERA DÁVILA, G. de la C., 2014. Manual Práctico Sobre la Macrofauna del Suelo.pdf. [en línea]. [consulta: 5 octubre 2023]. Disponible en: https://ruffordorg.s3.amazonaws.com/media/project_reports/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf.
- CAIRNS, M.A., BROWN, S., HELMER, E.H. y BAUMGARDNER, G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, vol. 111, no. 1, ISSN 0029-8549, 1432-1939. DOI 10.1007/s004420050201.
- CANO, Á. y STEVENSON, P.R., 2009. DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE TRES TIPOS DE BOSQUE EN LA ESTACIÓN BIOLÓGICA CAPARÚ, VAUPÉS. *Colombia Forestal*, vol. 12, no. 1, ISSN 0120-0739.
- CASIMIRO SALAZAR, H.J., 2022. *Abundancia de macrofauna del suelo en dos sistemas agroforestales en el Fundo Alborada, distrito Castillo Grande – Provincia Leoncio Prado* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria de la Selva. [consulta: 28 agosto 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2240>.
- CCOYCCA LEON, S.L., 2018. *Estudio de la Macrofauna del suelo en sistemas Agroforestales en los distritos de Laberinto e Inambari del departamento de Madre de Dios* [en línea]. Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. Disponible en: <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/353/004-2-3-079.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CHAVE, J., MULLER-LANDAU, H.C., BAKER, T.R., EASDALE, T.A., STEEGE, H.T. y WEBB, C.O., 2006. REGIONAL AND PHYLOGENETIC VARIATION OF WOOD DENSITY ACROSS 2456 NEOTROPICAL TREE SPECIES. *Ecological Applications*, vol. 16, no. 6, ISSN 1051-0761. DOI 10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2.
- CHAVE, J., RÉJOU-MÉCHAIN, M., BÚRQUEZ, A., CHIDUMAYO, E., COLGAN, M.S., DELITTI, W.B.C., DUQUE, A., EID, T., FEARNSSIDE, P.M., GOODMAN, R.C., HENRY, M., MARTÍNEZ-YRÍZAR, A., MUGASHA, W.A., MULLER-LANDAU, H.C., MENCUCCINI, M., NELSON, B.W., NGOMANDA, A., NOGUEIRA, E.M., ORTIZ-MALAVASSI, E., PÉLISSIER, R., PLOTON, P., RYAN, C.M., SALDARRIAGA, J.G. y VIEILLEDENT, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, vol. 20, no. 10, ISSN 1354-1013, 1365-2486. DOI 10.1111/gcb.12629.

- CHESWORTH, W., 2007. *Encyclopedia of Soil Science*. S.I.: Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-4020-3994-2.
- CORONEL GARCIA, B.S., 2021. *Dinámica de carbono de un bosque inundable dominado por *Mauritia flexuosa* en la Amazonia ecuatoriana, cantón Tena* [en línea]. Thesis. Ecuador: Universidad Regional Amazónica Ikiam. [consulta: 7 octubre 2023]. Disponible en: http://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/handle/RD_IKIAM/568.
- CRNOBRNA, B., LLANQUI, I.B., CARDENAS, A.D. y PANDURO PISCO, G., 2022. Relationships between Organic Matter and Bulk Density in Amazonian Peatland Soils. *Sustainability*, vol. 14, no. 19, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su141912070.
- DARGIE, G.C., LEWIS, S.L., LAWSON, I.T., MITCHARD, E.T.A., PAGE, S.E., BOCKO, Y.E. y IFO, S.A., 2017. Age, extent and carbon storage of the central Congo Basin peatland complex. *Nature*, vol. 542, no. 7639, ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI 10.1038/nature21048.
- DIAZ CARDENAS, A.A., 2019. *Determinación del contenido de carbono almacenado con relación a la profundidad de las turberas (ecosistemas de aguajales) de la provincia de Coronel Portillo - Ucayali - Perú* [en línea]. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali. [consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4273/UNU_AMBIENT_AL_2020_T_ANTHONY-DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J., ZEGERS, G. y TAPIA, C., 2008. Caracterización florística e hidrológica de turberas de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista chilena de historia natural* [en línea], vol. 81, no. 4, [consulta: 19 septiembre 2023]. ISSN 0716-078X. DOI 10.4067/S0716-078X2008000400002. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2008000400002&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- DOELMAN, J.C., VERHAGEN, W., STEHFEST, E. y VAN VUUREN, D.P., 2023. The role of peatland degradation, protection and restoration for climate change mitigation in the SSP scenarios. *Environmental Research: Climate*, vol. 2, no. 3, ISSN 2752-5295. DOI 10.1088/2752-5295/acd5f4.
- DRAPER, F.C., ROUCOUX, K.H., LAWSON, I.T., MITCHARD, E.T.A., HONORIO CORONADO, E.N., LÄHTEENOJA, O., TORRES MONTENEGRO, L., VALDERRAMA SANDOVAL, E., ZARÁTE, R. y BAKER, T.R., 2014. The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters*, vol. 9, no. 12, ISSN 1748-9326. DOI 10.1088/1748-9326/9/12/124017.

- DUEÑAS LINARES, H.H., 2018. *Espacio D* [en línea]. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [consulta: 30 agosto 2024]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/cd639b88-b230-46b9-906e-7c120b4d7e3e>.
- ESPÍRITU AGUILAR, J.J., 2016. *Comparación de tres ecuaciones alométricas para estimar la biomasa arbórea para su valoración económica del secuestro de co2 en la parcela 8 del arboretum “El Huayo” del CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos, 2015* [en línea]. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. [consulta: 12 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4322>.
- EYHERABIDE, M., SAÍNZ ROZAS, H., BARBIERI, P. y ECHEVERRÍA, H.E., 2014. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del suelo*, vol. 32, no. 1, ISSN 1850-2067.
- FARCAS, S., TANȚĂU, I., GRINDEAN, R., PANAIT, A. y DIACONU, A.-C., 2016. Palaeoenvironmental research methods. . S.l.: s.n., pp. 121-131. ISBN 978-606-543-787-6.
- FLORES LLAMPAZO, G., HONORIO CORONADO, E.N., DEL AGUILA-PASQUEL, J., CORDOVA OROCHE, C.J., DÍAZ NARVAEZ, A., REYNA HUAYMACARI, J., GRANDEZ RÍOS, J., LAWSON, I.T., HASTIE, A., BAIRD, A.J. y BAKER, T.R., 2022. The presence of peat and variation in tree species composition are under different hydrological controls in Amazonian wetland forests. *Hydrological Processes*, vol. 36, no. 9, ISSN 1099-1085. DOI 10.1002/hyp.14690.
- FREITAS, L., 1996. Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona Jenaro Herrera, Amazonia Peruana. *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Iquitos. Documento Technico*, vol. 21,
- FREITAS-ALVARADO, L. y FLORES, H., 2015. CONDICIÓN SILVICULTURAL DE LA PALMERA *Mauritia flexuosa* L.f. EN EL ECOSISTEMA “AGUAJAL” DE PARINARI, LORETO, PERÚ. *Folia Amazónica*, vol. 24, no. 2, ISSN 2410-1184. DOI 10.24841/fa.v24i2.73.
- GARCÍA, Y., RAMÍREZ, W. y SÁNCHEZ, S., 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 2, ISSN 0864-0394.
- GARCÍA-SORIA, D., HONORIO-CORONADO, E.N. y DEL CASTILLO-TORRES, D., 2012. DETERMINACIÓN DEL STOCK DE CARBONO EN AGUAJALES DE LA CUENCA DEL RÍO AGUAYTÍA, UCAYALI – PERÚ. *Folia Amazónica*, vol. 21, no. 1-2, ISSN 2410-1184, 1018-5674. DOI 10.24841/fa.v21i1-2.43.

- GONGALSKY, K.B., 2021. Soil macrofauna: Study problems and perspectives. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 159, ISSN 00380717. DOI 10.1016/j.soilbio.2021.108281.
- GUMBRICHT, T., ROMAN-CUESTA, R.M., VERCHOT, L., HEROLD, M., WITTMANN, F., HOUSEHOLDER, E., HEROLD, N. y MURDIYARSO, D., 2017. An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor. *Global Change Biology*, vol. 23, no. 9, ISSN 1354-1013, 1365-2486. DOI 10.1111/gcb.13689.
- HARRISON, M.E., OTTAY, J.B., D'ARCY, L.J., CHEYNE, S.M., ANGGODO, BELCHER, C., COLE, L., DOHONG, A., ERMIASI, Y., FELDPAUSCH, T., GALLEGOS-SALA, A., GUNAWAN, A., HÖING, A., HUSSON, S.J., KULU, I.P., SOEBAGIO, S.M., MANG, S., MERCADO, L., MORROGH-BERNARD, H.C., PAGE, S.E., PRIYANTO, R., RIPOLL CAPILLA, B., ROWLAND, L., SANTOS, E.M., SCHREER, V., SUDYANA, I.N., TAMAN, S.B.B., THORNTON, S.A., UPTON, C., WICH, S.A. y VAN VEEN, F.J.F., 2020. Tropical forest and peatland conservation in Indonesia: Challenges and directions. *People and Nature*, vol. 2, no. 1, ISSN 2575-8314. DOI 10.1002/pan3.10060.
- HASTIE, A., HONORIO CORONADO, E.N., REYNA, J., MITCHARD, E.T.A., ÅKESSON, C.M., BAKER, T.R., COLE, L.E.S., OROCHE, C.J.C., DARGIE, G., DÁVILA, N., DE GRANDI, E.C., DEL ÁGUILA, J., DEL CASTILLO TORRES, D., DE LA CRUZ PAIVA, R., DRAPER, F.C., FLORES, G., GRÁNDEZ, J., HERGOUALC'H, K., HOUSEHOLDER, J.E., JANOVEC, J.P., LÄHTEENOJA, O., REYNA, D., RODRÍGUEZ-VEIGA, P., ROUCOUX, K.H., TOBLER, M., WHEELER, C.E., WILLIAMS, M. y LAWSON, I.T., 2022. Risks to carbon storage from land-use change revealed by peat thickness maps of Peru. *Nature Geoscience*, vol. 15, no. 5, ISSN 1752-0908. DOI 10.1038/s41561-022-00923-4.
- HEMPEL, J., MICHELI, E., OWENS, P. y MCBRATNEY, A., 2013. Universal Soil Classification System Report from the International Union of Soil Sciences Working Group. *Soil Horizons*, vol. 54, no. 2, ISSN 2163-2812. DOI 10.2136/sh12-12-0035.
- HERGOUALC'H, K., GUTIÉRREZ-VÉLEZ, V.H., MENTON, M. y VERCHOT, L.V., 2017. Characterizing degradation of palm swamp peatlands from space and on the ground: An exploratory study in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, vol. 393, ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2017.03.016.
- HERGOUALC'H, K., VAN LENT, J., DEZZEO, N., VERCHOT, L.V., VAN GROENIGEN, J.W., LÓPEZ GONZALES, M. y GRANDEZ-RIOS, J., 2023.

Major carbon losses from degradation of *Mauritia flexuosa* peat swamp forests in western Amazonia. *Biogeochemistry*, vol. 167, no. 4, ISSN 1573-515X. DOI 10.1007/s10533-023-01057-4.

HONORIO CORONADO, E. y BAKER, T.R., 2010. *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos* [en línea]. Lima: Iquitos. [consulta: 18 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/290>.

HONORIO CORONADO, E.N.H., HASTIE, A., REYNA, J., FLORES, G., GRÁNDEZ, J., LÄHTEENOJA, O., DRAPER, F.C., ÅKESSON, C.M., BAKER, T.R., BHOMIA, R.K., COLE, L.E.S., DÁVILA, N., ÁGUILA, J.D., ÁGUILA, M.D., TORRES, D.D.C., LAWSON, I.T., BRAÑAS, M.M., MITCHARD, E.T.A., MONTEAGUDO, A., PHILLIPS, O.L., RAMÍREZ, E., RÍOS, M., RÍOS, S., RODRIGUEZ, L., ROUCOUX, K.H., CASAPIA, X.T., VASQUEZ, R., WHEELER, C.E. y MONTOYA, M., 2021. Intensive field sampling increases the known extent of carbon-rich Amazonian peatland pole forests. *Environmental Research Letters*, vol. 16, no. 7, ISSN 1748-9326. DOI 10.1088/1748-9326/ac0e65.

HOUSEHOLDER, J.E., JANOVEC, J.P., TOBLER, M.W., PAGE, S. y LÄHTEENOJA, O., 2012. Peatlands of the Madre de Dios River of Peru: Distribution, Geomorphology, and Habitat Diversity. *Wetlands*, vol. 32, no. 2, ISSN 0277-5212, 1943-6246. DOI 10.1007/s13157-012-0271-2.

HUANG, L., ZHOU, M., LV, J. y CHEN, K., 2020. Trends in global research in forest carbon sequestration: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119908.

HUMPENÖDER, F., KARSTENS, K., LOTZE-CAMPEN, H., LEIFELD, J., MENICHETTI, L., BARTHELMES, A. y POPP, A., 2020. Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters*, vol. 15, no. 10, ISSN 1748-9326. DOI 10.1088/1748-9326/abae2a.

IRMA, W., PURWANTO, H., y ZULFAHMI, 2023. Floristic composition species diversity of trees in peat swamp forest in Sanggar Pulau Muda village, Pelalawan district, Riau, Indonesia. *ADVANCES IN INTELLIGENT APPLICATIONS AND INNOVATIVE APPROACH* [en línea]. Jaipur, India: s.n., pp. 020048. [consulta: 7 octubre 2023]. DOI 10.1063/5.0130503. Disponible en: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0130503>.

JARAMILLO J., D.F., 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. En: Accepted: 2022-06-28T15:29:05Z, *Centro de Informacion de Recursos Naturales* [en línea]. [consulta: 11 octubre 2023]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/147701>.

- JIANG, M., WANG, X., LIUSUI, Y., SUN, X., ZHAO, C. y LIU, H., 2015. Diversity and Abundance of Soil Animals as Influenced by Long-Term Fertilization in Grey Desert Soil, China. *Sustainability*, vol. 7, no. 8, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su70810837.
- JOOSTEN, H. y CLARKE, D., 2002. *Wise use of mires and peatlands: background and principles including a framework for decision-making*. Jyväskylä: [Greifswald: International Peat Society; International Mire Conservation Group. ISBN 978-951-97744-8-0. GB622 .J667 2002
- KAHN, F. y MEJÍA-CARHUANCA, K.M., 1991. LAS COMUNIDADES DE PALMERAS EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES INUNDABLES DE LA AMAZONIA PERUANA. *Folia Amazónica*, vol. 3, no. 1-2, ISSN 2410-1184. DOI 10.24841/fa.v3i1-2.201.
- LÄHTEENOJA, O. y PAGE, S., 2011. High diversity of tropical peatland ecosystem types in the Pastaza-Marañón basin, Peruvian Amazonia. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* [en línea], vol. 116, no. G2, [consulta: 1 diciembre 2023]. ISSN 2156-2202. DOI 10.1029/2010JG001508. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2010JG001508>.
- LAO LIMA, L.L., 2017. *Captura de Carbono mediante estimación de biomasa aérea y necromasa en la zona de aguajales del Alto Mayo, sector Tingana Moyobamba-San Martin 2017*. [en línea]. San Martin: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3563>.
- LENNARTZ, B. y LIU, H., 2019. Hydraulic Functions of Peat Soils and Ecosystem Service. *Frontiers in Environmental Science*, vol. 7, ISSN 2296-665X. DOI 10.3389/fenvs.2019.00092.
- LILLESKOV, E., MCCULLOUGH, K., HERGOUALC'H, K., DEL CASTILLO TORRES, D., CHIMNER, R., MURDIYARSO, D., KOLKA, R., BOURGEOU-CHAVEZ, L., HRIBLIJAN, J., DEL AGUILA PASQUEL, J. y WAYSON, C., 2019. Is Indonesian peatland loss a cautionary tale for Peru? A two-country comparison of the magnitude and causes of tropical peatland degradation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 24, no. 4, ISSN 1381-2386, 1573-1596. DOI 10.1007/s11027-018-9790-3.
- LINARES FUCHS, F.A.A., 2018. *Variación de la densidad básica de la madera del fuste en áreas de turberas con suelos ricos y suelos pobres en nutrientes en la Amazonía Baja Peruana* [en línea]. Iquitos: s.n. [consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5592/Francis_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- LINARES, H.D. y QUISPE, J.S.G., 2018. Diversidad, dominancia y distribución arbórea en Madre de Dios, Perú. *Revista Forestal del Perú*, vol. 33, no. 1, ISSN 2523-1855. DOI 10.21704/rfp.v33i1.1152.
- LLACSAHUANGA SALAZAR, J.R., 2015. *Composición y diversidad arbórea de un área en un bosque montano nublado en Puyu Sacha, Chanchamayo, Junín* [en línea]. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. [consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2114/K10-L4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- LÓPEZ GONZALES M, HERGOUALC'H K, ANGULO NÚÑEZ Ó, BAKER T, CHIMNER R, J, del Á.P., D, del C.T., L, F.A., B, F.D., E, G.G., E, H.C., H, K., E, L., N, M.D., M, M.F., M, M.B., T.M, V., A.M, P.C., K, R. y F, V.O., 2020. *What do we know about Peruvian peatlands?* S.l.: CIFOR. ISBN 978-602-387-142-1.
- LÓPEZ GONZALES M., K., H., Ó., A.N., T., B., R., C., J., D.Á.P., D., D.C.T., L., F.A., B., F.D., E., G.G., E., H.C., H., K., E., L., N., M.D., M., M.F., M., M.B., T.M., V., A.M., P.C., K., R. y F., V.O., 2020. *¿Qué sabemos sobre las turberas peruanas?* [en línea]. S.l.: Center for International Forestry Research (CIFOR). [consulta: 4 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.cifor.org/knowledge/publication/7847>.
- LOU, J., WU, Y., LIU, P., KOTA, S.H. y HUANG, L., 2019. Health Effects of Climate Change Through Temperature and Air Pollution. *Current Pollution Reports*, vol. 5, no. 3, ISSN 2198-6592. DOI 10.1007/s40726-019-00112-9.
- MACHADO CUELLAR, L., RODRÍGUEZ SUÁREZ, L., MURCIA TORREJANO, V., ORDUZ TOVAR, S.A., ORDOÑEZ ESPINOSA, C.M. y SUÁREZ, J.C., 2020. Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 69, no. 1, [consulta: 1 agosto 2024]. ISSN 2215-2075, 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v69i1.42955. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/42955>.
- MAFTU'AH, E., ALWI, M. y WILLIS, M., 2018. POTENSI MAKROFAUNA TANAH SEBAGAI BIOINDIKATOR KUALITAS TANAH GAMBUT. *BIOSCIENTIAE* [en línea], vol. 2, no. 1, [consulta: 14 agosto 2023]. ISSN 2808-1838. DOI 10.20527/b.v2i1.137. Disponible en: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/bioscientiae/article/view/137>.
- MANDO, A. y MIEDEMA, R., 1997. Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Applied Soil Ecology*, vol. 6, no. 3, ISSN 09291393. DOI 10.1016/S0929-1393(97)00012-7.

- MARTÍNEZ-SOVERO, G., ROJAS-IDROGO, C., DELGADO-PAREDES, G.E., ZUÑE-DA-SILVA, F., HUAMÁN-MERA, A., MURILLO-DOMEN, Y. y BRIGHTSMITH, D., 2023. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y DIVERSIDAD EN CUATRO TIPOS DE HÁBITATS DEL BOSQUE HÚMEDO AMAZÓNICO DE TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, PERÚ. *Folia Amazónica*, vol. 32, no. 2, ISSN 2410-1184. DOI 10.24841/fa.v32i2.687.
- MERAZ, M. de J.M., HERNÁNDEZ, F.J., RIVAS, S.C. y LUNA, J.A.N., 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol. 8, no. 40,
- MINASNY, B., BERGLUND, Ö., CONNOLLY, J., HEDLEY, C., DE VRIES, F., GIMONA, A., KEMPEN, B., KIDD, D., LILJA, H., MALONE, B., MCBRATNEY, A., ROUDIER, P., O'ROURKE, S., RUDIYANTO, PADARIAN, J., POGGIO, L., TEN CATEN, A., THOMPSON, D., TUVE, C. y WIDYATMANTI, W., 2019. Digital mapping of peatlands – A critical review. *Earth-Science Reviews*, vol. 196, ISSN 0012-8252. DOI 10.1016/j.earscirev.2019.05.014.
- MINX, J.C., LAMB, W.F., ANDREW, R.M., CANADELL, J.G., CRIPPA, M., DÖBBELING, N., FORSTER, P.M., GUIZZARDI, D., OLIVIER, J., PETERS, G.P., PONGRATZ, J., REISINGER, A., RIGBY, M., SAUNOIS, M., SMITH, S.J., SOLAZZO, E. y TIAN, H., 2021. A comprehensive and synthetic dataset for global, regional, and national greenhouse gas emissions by sector 1970–2018 with an extension to 2019. *Earth System Science Data*, vol. 13, no. 11, ISSN 1866-3516. DOI 10.5194/essd-13-5213-2021.
- MORLUE, B., KAMAU, S., AYUKE, F.O. y KIRONCHI, G., 2021. Land use change, but not soil macrofauna, affects soil aggregates and aggregate-associated C content in central highlands of Kenya. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 21, no. 3, ISSN 1614-7480. DOI 10.1007/s11368-021-02895-1.
- MOZAFARI, B., BRUEN, M., DONOHUE, S., RENOU-WILSON, F. y O'LOUGHLIN, F., 2023. Peatland dynamics: A review of process-based models and approaches. *Science of The Total Environment*, vol. 877, ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.162890.
- MULLER, J., WUST, R., WEISS, D. y HU, Y., 2006. Geochemical and stratigraphic evidence of environmental change at Lynch's Crater, Queensland, Australia. *Global and Planetary Change*, vol. 53, no. 4, ISSN 09218181. DOI 10.1016/j.gloplacha.2006.03.009.
- NAVARRO CAHUAZA, A., 2012. *Caracterización físico- química de los principales humedales de Jalea de la Concesión para Conservación Alto Huayabamba*. 2012. [en línea]. Moyobamba: Universidad Nacional de San

Martin. [consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/230/1/6053511.pdf>.

NETO, E.C.S., COELHO-JUNIOR, M.G., HORÁK-TERRA, I., GONÇALVES, T.S., ANJOS, L.H.C. y PEREIRA, M.G., 2023. Organic Soils: Formation, Classification and Environmental Changes Records in the Highlands of Southeastern Brazil. *Sustainability*, vol. 15, no. 4, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su15043416.

NÚÑEZ, I., GONZÁLEZ-GAUDIANO, É. y BARAHONA, A., 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, vol. 28, no. 7, ISSN 0378-1844.

ORDÓÑEZ, J.A.B. y MASERA, O., 2016. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, vol. 7, no. 1, ISSN 2448-7597, 1405-0471. DOI 10.21829/myb.2001.711314.

OSAKI, M., KATO, T., KOHYAMA, T., TAKAHASHI, H., HARAGUCHI, A., YABE, K., TSUJI, N., SHIODERA, S., RAHAJOE, J.S., ATIKAH, T.D., OIDE, A., MATSUI, K., WETADEWI, R.I. y SILSIGIA, S., 2021. Basic Information About Tropical Peatland Ecosystems. En: M. OSAKI, N. TSUJI, N. FOEAD y J. RIELEY (eds.), *Tropical Peatland Eco-management* [en línea]. Singapore: Springer Singapore, pp. 3-62. [consulta: 12 agosto 2024]. ISBN 978-981-334-653-6. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-981-33-4654-3_1.

PAGE, S., MISHRA, S., AGUS, F., ANSHARI, G., DARGIE, G., EVERS, S., JAUHAINEN, J., JAYA, A., JOVANI-SANCHO, A.J., LAURÉN, A., SJÖGERSTEN, S., SUSPENSE, I.A., WIJEDASA, L.S. y EVANS, C.D., 2022. Anthropogenic impacts on lowland tropical peatland biogeochemistry. *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 3, no. 7, ISSN 2662-138X. DOI 10.1038/s43017-022-00289-6.

PATÍÑO HOYOS, D.A.A.P. y RANGEL LÓPEZ, S., 2018. *Aproximación al Conocimiento de la Macrofauna Edáfica presente en el humedal Tibanica-Bosa* [en línea]. Bogotá: s.n. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/15660>.

PILLACA ORTIZ, J.M. y FLOREZ CUTIPA, B.L., 2014. *Determinación del stock de carbono en la biomasa aérea y necromasa en diferentes tipos de vegetación en la comunidad de Puerto Arturo, distrito Tambopata - Madre de Dios*. [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. [consulta: 22 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/107/004-2-3-031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- PONCE DE LEON CHUCUYA, B.J. y HUAYLLA TTITO, F.E., 2023. “*Efecto de dos tipos de bosque en la población de macroinvertebrados del suelo en el distrito de Las Piedras en Madre de Dios*” [en línea]. Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14070/1130>.
- PREMKE, K., ATTERMEYER, K., AUGUSTIN, J., CABEZAS, A., CASPER, P., DEUMLICH, D., GELBRECHT, J., GERKE, H.H., GESSLER, A., GROSSART, H.-P., HILT, S., HUPFER, M., KALETTKA, T., KAYLER, Z., LISCHIED, G., SOMMER, M. y ZAK, D., 2016. The importance of landscape diversity for carbon fluxes at the landscape level: small-scale heterogeneity matters. [en línea], [consulta: 10 agosto 2024]. DOI 10.1002/wat2.1147. Disponible en: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wat2.1147?src=getftr>.
- RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2013. *The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)* [en línea]. 6th edition. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.: s.n. [consulta: 25 julio 2024]. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf>.
- RIBEIRO, K., PACHECO, F.S., FERREIRA, J.W., DE SOUSA-NETO, E.R., HASTIE, A., KRIEGER FILHO, G.C., ALVALÁ, P.C., FORTI, M.C. y OMETTO, J.P., 2021. Tropical peatlands and their contribution to the global carbon cycle and climate change. *Global Change Biology*, vol. 27, no. 3, ISSN 1354-1013, 1365-2486. DOI 10.1111/gcb.15408.
- RIELEY, J. y PAGE, S., 2016. Tropical Peatland of the World. En: M. OSAKI y N. TSUJI (eds.), *Tropical Peatland Ecosystems* [en línea]. Tokyo: Springer Japan, pp. 3-32. [consulta: 5 septiembre 2023]. ISBN 978-4-431-55680-0. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/978-4-431-55681-7_1.
- ROGELJ, J., HUPPMANN, D., KREY, V., RIAHI, K., CLARKE, L., GIDDEN, M., NICHOLLS, Z. y MEINSHAUSEN, M., 2019. A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal. *Nature*, vol. 573, no. 7774, ISSN 0028-0836, 1476-4687. DOI 10.1038/s41586-019-1541-4.
- ROJAS, E., CHAVEZ, S., OLIVA, M. y QUIÑONES HUATANGARI, L., 2021. Macrofauna edáfica y propiedades físico-químicas del suelo, en fincas cafetaleras de pequeños agricultores. *Revista de la Facultad de Agronomía*, vol. 38, DOI 10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n4.11.
- RUIZ-PEINADO GERTRUDIX, R., 2013. *Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los sistemas forestales: influencia de la silvicultura en*

los socks de carbono [en línea]. Palencia: Instituto Universitario de Investigación y Gestión Forestal Sostenible. [consulta: 10 octubre 2023]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/4437>.

SAGAWA VASQUEZ, L.A.A., 2014. *Evaluación de Macrofauna en Diferentes Ecosistemas en el Parque Nacional de Tingo María- Huánuco- Perú - 2014* [en línea]. Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria de la Selva. [consulta: 28 agosto 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7219921f-8be8-43cd-a0a1-a2b7ac6ac32c/content>.

SALDAÑA-CHAFLOQUE, C.F., MENDOZA-MALLQUI, S.D., ORELLANA-REYES, D.E., PEREZ-HIJAR, J.B. y RODAS-RIVEROS, N.M., 2022. Ingeniería en la abundancia y diversidad de árboles forestales de la comunidad andina de Ahuaycha, Tayacaja, Huancavelica. *TAYACAJA*, vol. 5, no. 1, ISSN 2617-9156. DOI 10.46908/tayacaja.v5i1.190.

SÁNCHEZ DÍAZ, 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”* [en línea]. Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14070/348>.

SCHULZ, C., MARTÍN BRAÑAS, M., NÚÑEZ PÉREZ, C., DEL AGUILA VILLACORTA, M., LAURIE, N., LAWSON, I.T. y ROUCOUX, K.H., 2019. Uses, cultural significance, and management of peatlands in the Peruvian Amazon: Implications for conservation. *Biological Conservation*, vol. 235, ISSN 00063207. DOI 10.1016/j.biocon.2019.04.005.

SENAMHI. *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú* [en línea], 2023. [consulta: 11 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0027>.

SOLÓRZANO, J.W.Z., GUERRERO, S.L.Z. y MINAYA, L.G.M., 2018. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un sistema agroforestal del cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. *RevIA*, vol. 8, no. 5, ISSN 2224-445X.

SUFER MARCIAL BAEZ QUISPE y JORGE SANTIAGO GARATE QUISPE, 2017. Estructura y composición florística arbórea en dos tipos de bosque en la Zona de Amortiguamiento, Reserva Nacional de Tambopata: *Q'EUÑA*, vol. 8, no. 1, ISSN 2708-2660. DOI 10.51343/rq.v8i1.103.

SWINDLES, G.T., MORRIS, P.J., WHITNEY, B., GALLOWAY, J.M., GAŁKA, M., GALLEGOS-SALA, A., MACUMBER, A.L., MULLAN, D., SMITH, M.W., AMESBURY, M.J., ROLAND, T.P., SANEI, H., PATTERSON, R.T.,

- SANDERSON, N., PARRY, L., CHARMAN, D.J., LOPEZ, O., VALDERAMMA, E., WATSON, E.J., IVANOVIC, R.F., VALDES, P.J., TURNER, T.E. y LÄHTEENOJA, O., 2018. Ecosystem state shifts during long-term development of an Amazonian peatland. *Global Change Biology*, vol. 24, no. 2, ISSN 1365-2486. DOI 10.1111/gcb.13950.
- TERBORGH, J. y ANDRESEN, E., 1998. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 14, no. 5, ISSN 1469-7831, 0266-4674. DOI 10.1017/S0266467498000455.
- TURETSKY, M.R., BENSCOTER, B., PAGE, S., REIN, G., VAN DER WERF, G.R. y WATTS, A., 2015. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience*, vol. 8, no. 1, ISSN 1752-0894, 1752-0908. DOI 10.1038/ngeo2325.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022. *Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands - Evidence for Action toward the Conservation, Restoration, and Sustainable Management of Peatlands* [en línea]. S.l.: United Nations Environment Programme. [consulta: 25 marzo 2024]. ISBN 978-92-807-3991-6. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41222>.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2023. *Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again)* [en línea]. S.l.: United Nations Environment Programme. [consulta: 3 agosto 2024]. ISBN 978-92-807-4098-1. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43922>.
- VERA-AVILES, D., SUAREZ-CAPELLO, C., LLUGANY, M., POSCHENRIEDER, C., DE SANTIS, P. y CABEZAS-GUERRERO, M., 2020. Arthropod Diversity Influenced by Two Musa-Based Agroecosystems in Ecuador. *Agriculture*, vol. 10, no. 6, ISSN 2077-0472. DOI 10.3390/agriculture10060235.
- VIRAPONGSE, A., ENDRESS, B.A., GILMORE, M.P., HORN, C. y ROMULO, C., 2017. Ecology, livelihoods, and management of the *Mauritia flexuosa* palm in South America. *Global Ecology and Conservation*, vol. 10, ISSN 23519894. DOI 10.1016/j.gecco.2016.12.005.
- VITT, D.H., 2013. Peatlands☆. En: B. FATH (ed.), *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)* [en línea]. Oxford: Elsevier, pp. 557-566. [consulta: 4 septiembre 2023]. ISBN 978-0-444-64130-4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489007417>.

- WANG, B., HAPSARI, K.A., HORNA, V., ZIMMERMANN, R. y BEHLING, H., 2022. Late Holocene peatland palm swamp (aguajal) development, carbon deposition and environment changes in the Madre de Dios region, southeastern Peru. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 594, ISSN 00310182. DOI 10.1016/j.palaeo.2022.110955.
- WANG, S., ZHUANG, Q., LÄHTEENOJA, O., DRAPER, F.C. y CADILLO-QUIROZ, H., 2018. Potential shift from a carbon sink to a source in Amazonian peatlands under a changing climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, no. 49, DOI 10.1073/pnas.1801317115.
- WANG, Z., ZHAO, Y. y WANG, B., 2018. A bibliometric analysis of climate change adaptation based on massive research literature data. *Journal of Cleaner Production*, vol. 199, ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.06.183.
- WELEMARIAM, M., KEBEDE, F., BEDADI, B. y BIRHANE, E., 2018. The Effect of Community-Based Soil and Water Conservation Practices on Abundance and Diversity of Soil Macroinvertebrates in the Northern Highlands of Ethiopia. *Agronomy*, vol. 8, no. 4, ISSN 2073-4395. DOI 10.3390/agronomy8040056.
- XU, J., MORRIS, P.J., LIU, J. y HOLDEN, J., 2018. PEATMAP: Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis. *CATENA*, vol. 160, ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2017.09.010.
- ZAMORA-MORALES, B.P., MENDOZA-CARIÑO, M., SANGERMAN-JARQUÍN, D.Ma., QUEVEDO NOLASCO, A. y NAVARRO BRAVO, A., 2018. El manejo del suelo en la conservación de carbono orgánico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 9, no. 8, ISSN 2007-9230, 2007-0934. DOI 10.29312/remexca.v9i8.1723.
- ZIDA, Z., OUÉDRAOGO, E., MANDO, A. y STROOSNIJDER, L., 2011. Termite and earthworm abundance and taxonomic richness under long-term conservation soil management in Saria, Burkina Faso, West Africa. *Applied Soil Ecology*, vol. 51, ISSN 0929-1393. DOI 10.1016/j.apsoil.2011.09.001.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables.

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Las turberas son ecosistemas particulares saturados con escasos de oxígeno por lo que la descomposición es incompleta y se generan capas de turba que almacenan grandes cantidades de carbono y agua.	Variable independiente Se evaluará las características fisicoquímicas y biológicas de cuatro turberas amazónicas en Tambopata Madre de Dios.	Turberas amazónicas	• <i>Turbera Bajo Loboyoc</i> • <i>Turbera Bello Horizonte</i> • <i>Turbera Lago Yacumama</i> • <i>Turbera Madama</i>
		Características físicas del suelo	• análisis mecánico • clase textural • densidad aparente
		Características químicas del suelo	• pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), potasio (K), capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y ácidos cambiable (Al+H) • en las profundidades 0-10 cm, 10- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200,
		Características biológicas del suelo	• Vegetación • Macrofauna
Variable Dependiente Las características biológicas incluyen la macrofauna y vegetación propia de las turberas, además las propiedades físicas y químicas del suelo son particulares en este ecosistema de aguajales.	Variable Dependiente Determinar la diversidad, composición florística y Biomasa arbórea; Determinar el stock de carbono del suelo y; determinar la riqueza, diversidad, densidad y biomasa de macrofauna de las turberas Amazónicas para	Stock de carbono	• Altura total • DAP • Biomasa arbórea y radicular • Ecuación alométrica • Stock de carbono del suelo en profundidades de 0-10 cm, 10- 50 cm, 50-100 cm y 100-150 cm y 150-200,

	evaluar si existen diferencias significativas.	Stock de carbono radicular	• Biomasa radicular • Ecuación Alométrica
		Stock de carbono del suelo	• CH • da • %MO • %C
		Diversidad y composición florística	• N° de individuos • Riqueza de especies • N° de familias
		Biomasa arbórea	• Ecuación alométrica • Altura • DAP
		Densidad y biomasa de macrofauna	• N°. de individuos por m² • Peso de individuos m²
		Diversidad y riqueza de macrofauna	• Número de órdenes • Índice de diversidad de Shannon

Anexo 2. Matriz de consistência.

Título: “EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERS AMAZÓNICOS EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS” Tesistas: Jessica Puma Apaza y Victor Angel Torres Vela				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES /	METODOLOGÍA
General: ¿Cómo será la captura de carbono, caracterización biológica y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata Madre de Dios? Específicos: ¿Cuánto será el stock de cuatro turberas Amazónicas? ¿Cómo será la diversidad y composición florística de cuatro turberas Amazónicas? ¿Cuánto será la biomasa arbórea y radicular de cuatro turberas Amazónicas? ¿Cuánto es la densidad y biomasa de macrofauna del suelo en cuatro turberas Amazónicas? ¿Cómo es la diversidad y riqueza de macrofauna del suelo en cuatro turberas Amazónicas? ¿Cuál será las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas? ¿Cuál será las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas?	General: - - Evaluar la captura de carbono, características biológica y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata Madre de Dios. Específicos: - Estimar el stock de Carbono de cuatro turberas Amazónicas. - Evaluar la diversidad y composición florística de cuatro turberas Amazónicas. - Estimar la biomasa arbórea y radicular de cuatro turberas Amazónicas. - Evaluar la densidad y biomasa de macrofauna del suelo en cuatro turberas Amazónicas. - Evaluar la diversidad y riqueza de macrofauna del suelo en cuatro turberas Amazónicas. - Evaluar las características químicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas. - Evaluar las características físicas del suelo de cuatro turberas Amazónicas.	General: - sí existen diferencias significativas entre captura de carbono, características biológica y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata Madre de Dios. - No existen diferencias significativas entre captura de carbono, características biológica y fisicoquímicas de cuatro turberas Amazónicas en Tambopata Madre de Dios. Justificación: Esta investigación generará conocimiento para la toma de decisiones sobre la importancia de las turberas Amazónicas a las autoridades locales y abrirá nuevas líneas de investigación a la comunidad científica.	Variable independiente: a. Turberas amazónicas b. Características físicas del suelo c. Características químicas del suelo d. Características biológicas (vegetación y macrofauna) del suelo Indicadores: a) Turberas Madama, Bajo Loboyoc, Lago Yacumama, Bello Horizonte. b) análisis mecánico, clase textural y densidad aparente c) pH, materia orgánica (MO), fosforo (P), potasio (K), capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y acides cambiante (Al+H) Vegetación y macrofauna. Variable dependiente: • Stock de carbono total • Diversidad de especies arbóreas • Composición florística • Biomasa arbórea • Densidad de macrofauna	Enfoque: Cuantitativo Diseño: No experimental. Nivel: Descriptiva Tipo: Básica o pura Método: Cuantitativo Técnicas instrumentales de muestreo: • Inventario forestal • Muestreo de suelo • Colecta de macrofauna De recolección de datos: • Fichas de registro • Tomar datos dimensionales • Análisis fisicoquímico de suelo De procesamiento de datos: De análisis: Población: Turberas Amazónicas Muestra: 3 parcelas de 1000 m ² Procedimiento: • Hacer parcelas de muestreo • Inventario forestal y toma de datos dasométricos

		por ser una fuente de ingreso en el aprovechamiento de los frutos de aguaje, además de ser grandes almacenes de carbono y agua dulce que ayuda en la mitigación del cambio climático	• Biomasa de la macrofauna • Riqueza y diversidad de macrofauna Dimensiones: • Altura total, DAP, Biomasa arbórea • CH, da, %MO y %C • N° de individuos, Riqueza de especies, N° de familias • Ecuación alométrica, Altura, Dap • No. de individuos por m2, Peso de individuos m2 • Número de órdenes, Índice de diversidad de Shannon	• Identificación botánica • Colecta de muestras de suelo para análisis físico • Análisis Físico del suelo en laboratorio • Colecta de muestras de suelo para análisis químico. • Análisis químico del suelo en laboratorio • Colecta de macrofauna edáfica • Identificación y pesaje de macrofauna
--	--	---	---	--

Anexo 3. Instrumentos de analisis físico-químico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : VICTOR ANGEL TORRES VELA

Departamento : MADRE DE DIOS

Distrito : TAMBOPATA

Referencia : H.R. 82936-080C-24

Bolt.: 6647

Provincia : TAMPOPATA

Predio :

Fecha : 12/06/2024

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
													meq/100g							
4315	A1	4.64	0.77	0.00	53.20	28.9	770	Material orgánico				46.80	11.18	8.39	0.79	0.09	1.85	22.30	20.45	44
4316	A2	4.34	0.57	0.00	47.56	7.7	313	Material orgánico				39.20	10.22	5.43	0.42	0.02	1.75	17.84	16.09	41
4317	A3	4.43	0.57	0.00	40.84	6.6	370	Material orgánico				42.00	11.38	7.41	0.45	0.02	1.15	20.40	19.25	46
4318	A4	4.05	0.55	0.00	27.94	4.3	194	Material orgánico				31.60	5.01	3.95	0.21	0.02	3.15	12.34	9.19	29
4319	A5	3.90	0.55	0.00	19.88	3.6	154	43	39	18	Fr.	25.60	4.91	4.11	0.16	0.03	3.30	12.52	9.22	36
4320	B1	4.01	0.52	0.00	48.90	10.7	313	Material orgánico				36.00	3.89	4.11	0.38	0.02	2.60	11.00	8.40	23
4321	B2	3.93	0.46	0.00	30.09	5.3	224	Material orgánico				27.60	2.10	3.19	0.31	0.02	2.35	7.96	5.61	20
4322	B3	4.01	0.47	0.00	36.27	5.8	209	Material orgánico				31.20	3.51	3.29	0.21	0.02	2.05	9.09	7.04	23
4323	B4	3.74	0.38	0.00	15.45	4.0	167	51	26	23	Fr.Ar.A.	22.80	1.92	3.79	0.24	0.02	3.05	9.00	5.95	26
4324	B5	3.67	0.36	0.00	11.15	124.3	211	55	21	24	Fr.Ar.A.	21.20	1.42	4.03	0.33	0.01	3.35	9.14	5.79	27

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dra. Lily Tello Peramás
Jefa del Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : VICTOR ANGEL TORRES VELA

Departamento : MADRE DE DIOS

Distrito : TAMBOPATA

Referencia : H.R. 82936-080C-24

Bolt: 6647

Provincia : TAMPOPATA

Predio :

Fecha : 12/06/2024

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
										meq/100g										
4325	C1	4.00	0.44	0.00	33.86	13.9	206	Material orgánico				36.00	4.79	5.60	0.30	0.02	1.95	12.65	10.70	30
4326	C2	4.09	0.43	0.00	24.45	6.0	160	Material orgánico				26.40	5.57	3.95	0.18	0.02	1.45	11.17	9.72	37
4327	C3	3.98	0.39	0.00	16.79	1.3	124	43	39	18	Fr.	19.40	1.98	3.62	0.18	0.01	1.15	6.94	5.79	30
4328	C4	3.71	0.31	0.00	3.76	ND	173	35	29	36	Fr.Ar.	12.60	1.83	4.77	0.25	0.04	1.35	8.24	6.89	55
4329	C5	3.70	0.30	0.00	3.76	0.1	160	43	31	26	Fr.	14.40	1.86	4.44	0.32	0.01	1.50	8.13	6.63	46
4330	D1	3.75	0.66	0.00	7.25	7.8	150	35	49	16	Fr.	15.20	1.98	1.02	0.24	0.01	2.50	5.74	3.24	21
4331	D2	3.80	0.52	0.00	6.11	7.8	94	51	35	14	Fr.	12.80	1.55	0.76	0.15	0.01	1.85	4.31	2.46	19
4332	D3	3.71	0.31	0.00	3.43	4.5	75	45	37	18	Fr.	10.40	1.46	0.99	0.12	0.01	1.75	4.32	2.57	25
4333	D4	3.70	0.65	0.00	8.13	4.2	64	57	33	10	Fr.A.	14.20	1.95	1.09	0.09	0.01	2.20	5.33	3.13	22
4334	D5	3.75	0.67	0.00	6.38	4.3	107	55	37	8	Fr.A.	12.80	2.06	0.94	0.11	0.01	2.30	5.41	3.11	24

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

N.D. no detectable / L.D. límite de detección / L.C. límite de cuantificación.

Para fósforo: LD = 0.0059 mg/L / LC = 0.0178 mg/L



Dra. Lily Tello Peramás
Jefa del Laboratorio

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla: método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio. %M.O.= %C x 1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COOCH₃)N; pH 7.0.
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio

(CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.

11. Al³⁺, H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N.

12. Iones solubles:

- a) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
- b) Cl, Co₃=, HCO₃=, NO₃ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄ turbidimetría con cloruro de Bario.
- c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
- d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1 ppm=1 mg/kilogramo

1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro

1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg

Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes

CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas			
Clasificación del Suelo	CE(es)	CLASIFICACIÓN	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8					*defc. Mg		>10

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de Cationes %		
Clasificación del Suelo	pH	A	=	arena	Fr.Ar.A	=	franco arcillo arenoso	
*fuertemente ácido	<5.5	A.Fr	=	arena franca	Fr.Ar	=	franco arcilloso	Ca ⁺² = 60 - 75
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fr.A	=	franco arenoso	Fr.Ar.L	=	franco arcilloso limoso	Mg ⁺² = 15 - 20
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr.	=	franco	Ar.A	=	arcilloso arenoso	K ⁺ = 3 - 7
*neutro	6.6 - 7.0	Fr.L.	=	franco limoso	Ar.L.	=	arcilloso limoso	Na ⁺ = <15
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	L	=	limoso	Ar.	=	arcilloso	
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4							
*fuertemente alcalino	>8.5							

Anexo 4. Instrumento de identificación de muestras botánicas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS

"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

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



Centro Investigación Herbario Alwyn Gentry (HAG)

El que suscribe, director del Centro de Investigación Herbario Alwyn Gentry (HAG) de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), deja:

CONSTANCIA

Que la Bachiller **Jessica Puma Apaza** y el Bachiller **Victor Torres Vela**, Tesista de la carrera Ingeniería forestal y medio ambiente de la Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, han presentado 47 especímenes para su identificación. Los ejemplares provienen del Lago Yacumama, Bello Horizonte, Madama y Bajo Lboyoc, de distrito Las Piedras, región Madre de Dios, estas fueron verificadas e identificadas en este Centro de Investigación HAG-UNAMAD.

Los especímenes en mención se detallan en el siguiente cuadro:

ID	Nombre científico	Familia Segun APG IV (2016)
J.Apaza y V.Torre - 01	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A.Juss.	Rutaceae
J.Apaza y V.Torre - 02	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	Arecaceae
J.Apaza y V.Torre - 03	<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	Annonaceae
J.Apaza y V.Torre - 04	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Clusiaceae
J.Apaza y V.Torre - 05	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae
J.Apaza y V.Torre - 06	<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	Arecaceae
J.Apaza y V.Torre - 07	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae
J.Apaza y V.Torre - 08	<i>Sapium marmieri</i> Huber. Huber	Euphorbiaceae
J.Apaza y V.Torre - 09	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Urticaceae
J.Apaza y V.Torre - 10	<i>Perebea gulanensis</i> Aubl.	Moraceae
J.Apaza y V.Torre - 11	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Myristicaceae
J.Apaza y V.Torre - 12	<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	Myristicaceae
J.Apaza y V.Torre - 13	<i>Oxandra mediocris</i> Diels	Annonaceae
J.Apaza y V.Torre - 14	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Arecaceae
J.Apaza y V.Torre - 15	<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Arecaceae
J.Apaza y V.Torre - 16	<i>Siparuna deapiens</i> (Tul.) A.DC.	Siparunaceae
J.Apaza y V.Torre - 17	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae
J.Apaza y V.Torre - 18	<i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC.	Meliaceae
J.Apaza y V.Torre - 19	<i>Cariniana domestica</i> Miers	Lecythidaceae
J.Apaza y V.Torre - 20	<i>Aniba taubertiana</i> Mez	Lauraceae
J.Apaza y V.Torre - 21	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Fabaceae
J.Apaza y V.Torre - 22	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae
J.Apaza y V.Torre - 23	<i>Protium unifoliolatum</i> Engl.	Burseraceae





UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS

"Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú"

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

J. Apaza y V. Torre - 24	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Arecaceae
J. Apaza y V. Torre - 25	<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	Malvaceae
J. Apaza y V. Torre - 26	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Malvaceae
J. Apaza y V. Torre - 27	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	Moraceae
J. Apaza y V. Torre - 28	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae
J. Apaza y V. Torre - 29	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae
J. Apaza y V. Torre - 30	<i>Terminalia amazonica</i> Exell in Pulle	Combretaceae
J. Apaza y V. Torre - 31	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M.A. Arg.	Euphorbiaceae
J. Apaza y V. Torre - 32	<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	Fabaceae
J. Apaza y V. Torre - 33	<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	Meliaceae
J. Apaza y V. Torre - 34	<i>Sloanea guianensis</i> Benth.	Elaeocarpaceae
J. Apaza y V. Torre - 35	<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret	Malvaceae
J. Apaza y V. Torre - 36	<i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Miq.	Ebenaceae
J. Apaza y V. Torre - 37	<i>Ilex inundata</i> Reissek	Aquifoliaceae
J. Apaza y V. Torre - 38	<i>Sloanea floribunda</i> Spruce ex Benth.	Elaeocarpaceae
J. Apaza y V. Torre - 39	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae
J. Apaza y V. Torre - 40	<i>Hedyosmum racemosum</i> G. Don	Chloranthaceae
J. Apaza y V. Torre - 41	<i>Ficus yoponensis</i> Desv.	Moraceae
J. Apaza y V. Torre - 42	<i>Ficus americana</i> Aubl. Aubl.	Moraceae
J. Apaza y V. Torre - 43	<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl. Poepp. & Endl.	Nyctaginaceae
J. Apaza y V. Torre - 44	<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	Bignoniaceae
J. Apaza y V. Torre - 45	<i>Pourouma minor benoist</i> Benoist	Urticaceae
J. Apaza y V. Torre - 46	<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC. C. DC.	Meliaceae
J. Apaza y V. Torre - 47	<i>Richeria grandis</i> Vahl Vahl	Phyllanthaceae



Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente.

Puerto Maldonado, 09 de julio de 2024



Atentamente
Mg. Sufi Baez Quiroz
DIRECTOR DEL HERBARIO

Anexo 5. Solicitudes de autorizaciones para realización del estudio en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama

Puerto Maldonado 13 de Setiembre del 2023

SOLICITO: Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis

Lugar: Bajo Loboyoc
Propietario del predio Frank Tuesta Rodríguez

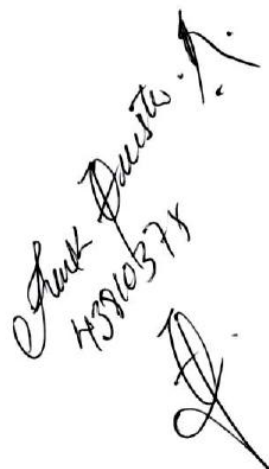
Yo Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291 junto a mi compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesis de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, me dirijo a usted cordialmente para solicitarle:

Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis titulada **"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente para lo cual se estará haciendo parcelas de muestreo temporal de inventario forestal, colecta de muestras botánicas, macrofauna edáfica y suelo de distintas profundidades, las cuales serán objeto de estudio y el tiempo requerido será aproximadamente un año.

Sin otro particular, quedo en espera que mi solicitud pueda ser atendida.

Atentamente.


Victor Angel Torres Vela
DNI N° 72904291


Frank Tuesta Rodríguez
43810378

Puerto Maldonado.....12 de Setiembre del 2023

SOLICITO: Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis

Lugar: Bello Horizonte
Propietario del predio: Jhon Arbex

Yo Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291 junto a mi compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesistas de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, me dirijo a usted cordialmente para solicitarle:

Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis titulada **"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente para lo cual se estará haciendo parcelas de muestreo temporal de inventario forestal, colecta de muestras botánicas, macrofauna edáfica y suelo de distintas profundidades, las cuales serán objeto de estudio y el tiempo requerido será aproximadamente un año.

Sin otro particular, quedo en espera que mi solicitud pueda ser atendida.

Atentamente.



Victor Angel Torres Vela
DNI N° 72904291

Recibido el 12-09-23
Jhon Arbex de W.
Jhon Arbex

Puerto Maldonado, 11 de Setiembre del 2023

SOLICITO: Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis

Lugar: Lago Yacumama Km. 8
Propietario del predio: Lucas G. Mamani

Yo Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291 junto a mi compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesistas de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, me dirijo a usted cordialmente para solicitarle:

Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis titulada **"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente para lo cual se estará haciendo parcelas de muestreo temporal de inventario forestal, colecta de muestras botánicas, macrofauna edáfica y suelo de distintas profundidades, las cuales serán objeto de estudio y el tiempo requerido será aproximadamente un año.

Sin otro particular, quedo en espera que mi solicitud pueda ser atendida.

Atentamente.


Victor Angel Torres Vela
DNI N° 72904291

RECIBIDO 14-09-23
Lucas E. Mamani
DNI - 04801461

Puerto Maldonado, 11 de Setiembre del 2023

SOLICITO: Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis

Lugar: Maderna Km 7.5

Propietario del predio: Gregorio Yupanqui Quispe

Yo Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291 junto a mi compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesistas de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, me dirijo a usted cordialmente para solicitarle:

Permiso de ingreso a su predio para la elaboración del proyecto y desarrollo de tesis titulada **"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente para lo cual se estará haciendo parcelas de muestreo temporal de inventario forestal, colecta de muestras botánicas, macrofauna edáfica y suelo de distintas profundidades, las cuales serán objeto de estudio y el tiempo requerido será aproximadamente un año.

Sin otro particular, quedo en espera que mi solicitud pueda ser atendida.

Atentamente.


Victor Angel Torres Vela
DNI N° 72904291

Recibido, 14-09-2023
Gregorio Yupanqui Quispe
DNI 04803296

Anexo 6. Consentimiento informado de autorización de estudio en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama

Puerto Maldonado 14 Setiembre del 2023

AUTORIZACION: Ingreso para mi predio para su respectiva evaluación del Proyecto de Tesis

Yo, Frank Puerto Rodriguez,
identificado con DNI N° 43810375, con mi predio
ubicado Bajo Loboyoc,
Provincia Tambopata, Distrito San Pedro, Departamento
Madre de Dios, en calidad de propietario,
AUTORIZO a Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291
junto a su compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesistas
de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, ingresen a
mi predio para la evaluación de su Proyecto de Tesis con tema:
**"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN
BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS
EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, durante el tiempo que sea necesario.

Atentamente.



PROPIETARIO

Nombres y Apellidos: FRANK
PUERTO RODRIGUEZ
DNI: 43810375

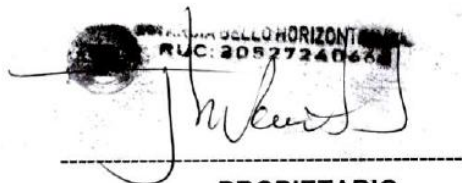
Puerto Maldonado... 13 de setiembre 2023

AUTORIZACION: Ingreso para mi predio para su respectiva evaluación del Proyecto de Tesis

Yo, Jhon I. ARBEX de MORSIER,
identificado con DNI N° 70470334, con mi predio
ubicado Bello Horizonte,
Provincia Tambopata, Distrito Tambopata, Departamento
Madre de Dios, en calidad de propietario,

AUTORIZO a Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291
junto a su compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesisistas
de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, ingresen a
mi predio para la evaluación de su Proyecto de Tesis con tema:
**"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN
BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS
EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, durante el tiempo que sea necesario.

Atentamente.


PROPIETARIO
Nombres y Apellidos: Jhon I. ARBEX
DNI: 70470334

Puerto Maldonado. BELENORE, 14 DEL 2023

AUTORIZACION: Ingreso para mi predio para su respectiva evaluación del Proyecto de Tesis

Yo, LUAS E. MANANI YAPO,
identificado con DNI N° 04801461, con mi predio
ubicado LAGO YACUMANA km. 8.,
Provincia TAMBOPATA Distrito LAS PIEDRAS, Departamento
MADRE DE DIOS, en calidad de propietario,
AUTORIZO a Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291
junto a su compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesisistas
de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, ingresen a
mi predio para la evaluación de su Proyecto de Tesis con tema:
**"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN
BIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS
EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, durante el tiempo que sea necesario.

Atentamente.



PROPIETARIO

Nombres y Apellidos: LUAS E.

MANANI YAPO

DNI: 04801461



Puerto Maldonado, 14 de Setiembre del 2023.....

AUTORIZACION: Ingreso para mi predio para su respectiva
evaluación del Proyecto de Tesis

Yo, Gregorio Jupangui Quispe.....
identificado con DNI N° 04803296....., con mi predio
ubicado Madama Km. 7.5.....
Provincia Tambopata, Distrito Las Piedras....., Departamento
Madre de Dios....., en calidad de propietario,
AUTORIZO a Víctor Ángel Torres Vela identificado con DNI N° 72904291
junto a su compañera Jessica Puma Apaza con DNI N° 76819806, tesisistas
de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, ingresen a
mi predio para la evaluación de su Proyecto de Tesis con tema:
**"EVALUACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO, CARACTERIZACIÓN
BIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA DE CUATRO TURBERAS AMAZÓNICAS
EN TAMBOPATA, MADRE DE DIOS"**, durante el tiempo que sea necesario.

Atentamente.



PROPIETARIO

Nombres y Apellidos: Gregorio
Jupangui Quispe
DNI: 04803296



Anexo 7. Bases de datos y fotografías elaborados durante la investigación.

Tabla 16. *Similaridad de Bray-Curtis para la composición florística de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.*

	Bajo Loboyoc	Bello horizonte	Madama	Yacumama
Bajo Loboyoc	1	0,50549451	0,35598706	0,46984127
Bello horizonte	0,5054945	1	0,78333333	0,74611399
Madama	0,3559871	0,78333333	1	0,76821192
Yacumama	0,4698413	0,74611399	0,76821192	1

Tabla 17. *Familias más abundantes de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.*

N°	Familia	Bajo Loboyoc		Bello Horizonte		Lago Yacumama		Madama	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
1	<i>Arecaceae</i>	121	62,7	151	65,4	100	50,5	110	70,1
2	<i>Clusiaceae</i>	15	7,8	12	5,2	5	2,5	6	3,8
3	<i>Myristicaceae</i>	14	7,3	2	0,9	0	0	4	2,5
4	<i>Moraceae</i>	9	4,7	1	0,4	7	3,5	1	0,6
5	<i>Aquifoliaceae</i>	8	4,1	0	0	4	2	0	0
6	<i>Malvaceae</i>	5	2,6	13	5,6	25	12,6	4	2,5
7	<i>Euphorbiaceae</i>	4	2,1	3	1,3	2	1	2	1,3
8	<i>Chloranthaceae</i>	4	2,1	0	0	0	0	0	0
9	<i>Fabaceae</i>	3	1,6	7	3	12	6,1	9	5,7
10	<i>Araliaceae</i>	2	1	12	5,2	2	1	1	0,6
11	<i>Annonaceae</i>	2	1	2	0,9	2	1	2	1,3
12	<i>Lecythidaceae</i>	1	0,5	7	3	8	4	12	7,6
13	<i>Urticaceae</i>	1	0,5	1	0,4	1	0,5	0	0
14	<i>Combretaceae</i>	1	0,5	0	0	1	0,5	2	1,3
15	<i>Elaeocarpaceae</i>	1	0,5	0	0	1	0,5	0	0
16	<i>Ebenaceae</i>	1	0,5	0	0	0	0	0	0
17	<i>Rutaceae</i>	1	0,5	0	0	0	0	0	0
18	<i>Meliaceae</i>	0	0	10	4,3	12	6,1	0	0
19	<i>Bignoniaceae</i>	0	0	9	3,9	5	2,5	0	0
20	<i>Burseraceae</i>	0	0	1	0,4	0	0	0	0
21	<i>Combretaceae</i>	0	0	0	0	3	1,5	0	0
22	<i>Nyctaginaceae</i>	0	0	0	0	3	1,5	0	0
23	<i>Siparunaceae</i>	0	0	0	0	3	1,5	0	0
24	<i>Phyllanthaceae</i>	0	0	0	0	1	0,5	4	2,5
25	<i>Lauraceae</i>	0	0	0	0	1	0,5	0	0
	Total	193	100	231	100	198	100	157	100

Tabla 18. Géneros más abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

N°	Genero	Bajo Loboyoc		Bello Horizonte		Lago Yacumama		Madama	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
1	<i>Socratea</i>	56	29,0	20	8,7	12	6,1	4	2,5
2	<i>Euterpe</i>	27	14,0	20	8,7	12	6,1	6	3,8
3	<i>Mauritia</i>	23	11,9	107	46,3	76	38,4	96	61,1
4	<i>Symphonia</i>	15	7,8	12	5,2	5	2,5	6	3,8
5	<i>Virola</i>	14	7,3	2	0,9	0	0,0	4	2,5
6	<i>Astrocaryum</i>	13	6,7	2	0,9	0	0,0	2	1,3
7	<i>Ficus</i>	9	4,7	1	0,4	6	3,0	1	0,6
8	<i>Ilex</i>	8	4,1	0	0,0	4	2,0	0	0,0
9	<i>Hedyosmum</i>	4	2,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
10	<i>Dendropanax</i>	2	1,0	12	5,2	2	1,0	1	0,6
11	<i>Pachira</i>	2	1,0	6	2,6	22	11,1	1	0,6
12	<i>Zygia</i>	2	1,0	5	2,2	9	4,5	8	5,1
13	<i>Iriarteia</i>	2	1,0	2	0,9	0	0,0	2	1,3
14	<i>Hura</i>	2	1,0	1	0,4	0	0,0	1	0,6
15	<i>Theobroma</i>	2	1,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
16	<i>Oxandra</i>	2	1,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0
17	<i>Sapium</i>	2	1,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
18	<i>Cariniana</i>	1	0,5	7	3,0	8	4,0	12	7,6
19	<i>Cecropia</i>	1	0,5	1	0,4	0	0,0	0	0,0
20	<i>Terminalia</i>	1	0,5	0	0,0	4	2,0	2	1,3
21	<i>Cedrelinga</i>	1	0,5	0	0,0	1	0,5	0	0,0
22	<i>Sloanea</i>	1	0,5	0	0,0	1	0,5	0	0,0
23	<i>Apeiba</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
24	<i>Dictyoloma</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
25	<i>Diospyros</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
26	<i>Trichilia</i>	0	0,0	10	4,3	12	6,1	0	0,0
27	<i>Tabebuia</i>	0	0,0	9	3,9	5	2,5	0	0,0
28	<i>Pseudobombax</i>	0	0,0	4	1,7	0	0,0	2	1,3
29	<i>Lueheopsis</i>	0	0,0	2	0,9	3	1,5	1	0,6
30	<i>Pterocarpus</i>	0	0,0	2	0,9	2	1,0	1	0,6
31	<i>Alchornea</i>	0	0,0	2	0,9	1	0,5	1	0,6
32	<i>Guatteria</i>	0	0,0	2	0,9	0	0,0	2	1,3
33	<i>Protium</i>	0	0,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
34	<i>Neea</i>	0	0,0	0	0,0	3	1,5	0	0,0
35	<i>Siparuna</i>	0	0,0	0	0,0	3	1,5	0	0,0
36	<i>Hieronyma</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	2	1,3
37	<i>Aniba</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
38	<i>Perebea</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
39	<i>Pourouma</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
40	<i>Richeria</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1,3
Total		193	100,0	231	100,0	198	100,0	157	100,0

Tabla 19. Especies mas abundantes de las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama.

N°	Especies	Bajo Loboyoc		Bello Horizonte		Lago Yacumama		Madama	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
1	<i>Socratea exorrhiza</i>	56	29,0	20	8,7	12	6,1	4	2,5
2	<i>Euterpe precatoria</i>	27	14,0	20	8,7	12	6,1	6	3,8
3	<i>Mauritia flexuosa</i>	23	11,9	107	46,3	76	38,4	96	61,1
4	<i>Symphonia globulifera</i>	15	7,8	12	5,2	5	2,5	6	3,8
5	<i>Astrocaryum murumuru</i>	13	6,7	2	0,9	0	0,0	2	1,3
6	<i>Virola duckei</i>	8	4,1	1	0,4	0	0,0	3	1,9
7	<i>Ilex inundata</i>	8	4,1	0	0,0	4	2,0	0	0,0
8	<i>Virola surinamensis</i>	6	3,1	1	0,4	0	0,0	1	0,6
9	<i>Ficus yoponensis</i>	6	3,1	0	0,0	3	1,5	0	0,0
10	<i>Hedyosmum racemosum</i>	4	2,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
11	<i>Ficus citrifolia</i>	3	1,6	1	0,4	3	1,5	1	0,6
12	<i>Dendropanax arboreus</i>	2	1,0	12	5,2	2	1,0	1	0,6
13	<i>Pachira aquatica</i>	2	1,0	6	2,6	22	11,1	1	0,6
14	<i>Zygia latifolia</i>	2	1,0	5	2,2	9	4,5	8	5,1
15	<i>Iriartea deltoidea</i>	2	1,0	2	0,9	0	0,0	2	1,3
16	<i>Hura crepitans</i>	2	1,0	1	0,4	0	0,0	1	0,6
17	<i>Theobroma cacao</i>	2	1,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
18	<i>Oxandra mediocris</i>	2	1,0	0	0,0	2	1,0	0	0,0
19	<i>Sapium marmieri</i>	2	1,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
20	<i>Cariniana domestica</i>	1	0,5	7	3,0	8	4,0	12	7,6
21	<i>Cecropia sciadophylla</i>	1	0,5	1	0,4	0	0,0	0	0,0
22	<i>Terminalia amazonica</i>	1	0,5	0	0,0	4	2,0	2	1,3
23	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	1	0,5	0	0,0	1	0,5	0	0,0
24	<i>Apeiba tibourbou</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
25	<i>Dictyoloma vandellianum</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
26	<i>Diospyros artanthifolia</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
27	<i>Sloanea floribunda</i>	1	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
28	<i>Tabebuia insignis</i>	0	0,0	9	3,9	5	2,5	0	0,0
29	<i>Trichilia septentrionalis</i>	0	0,0	5	2,2	4	2,0	0	0,0
30	<i>Trichilia micrantha</i>	0	0,0	4	1,7	8	4,0	0	0,0
31	<i>Pseudobombax munguba</i>	0	0,0	4	1,7	0	0,0	2	1,3
32	<i>Lueheopsis hoehnei</i>	0	0,0	2	0,9	3	1,5	1	0,6
33	<i>Pterocarpus rohrii</i>	0	0,0	2	0,9	2	1,0	1	0,6

34	<i>Alchornea triplinervia</i>	0	0,0	2	0,9	1	0,5	1	0,6
35	<i>Guatteria punctata</i>	0	0,0	2	0,9	0	0,0	2	1,3
36	<i>Protium unifoliolatum</i>	0	0,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
37	<i>Trichilia pleeana</i>	0	0,0	1	0,4	0	0,0	0	0,0
38	<i>Neea floribunda</i>	0	0,0	0	0,0	3	1,5	0	0,0
39	<i>Siparuna deapiens</i>	0	0,0	0	0,0	3	1,5	0	0,0
40	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	2	1,3
41	<i>Aniba taubertiana</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
42	<i>Perebea guianensis</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
43	<i>Pourouma minor</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
44	<i>Sloanea guianensis</i>	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
45	<i>Richeria grandis</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1,3
		193	100,0	231	100,0	198	100,0	157	100,0

Tabla 20. Biomasa y radicular de la parcela 1 de Bajo Loboyoc.

Especies	Bajo Loboyoc P1 (0.1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Ficus yoponensis</i> Desv.	6016,70	842,90	6859,60
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	3720,28	628,42	4348,70
<i>Ilex inundata</i> Reissek	2547,73	359,02	2906,74
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	1390,90	296,15	1687,05
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	847,09	173,88	1020,97
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	482,44	101,38	583,82
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	365,20	71,12	436,32
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	278,68	54,24	332,92
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	228,64	47,24	275,88
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	205,25	38,31	243,57
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	122,66	24,31	146,97
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	114,07	22,80	136,87
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	79,14	16,51	95,65
<i>Hedyosmum racemosum</i> G.Don	58,54	13,93	72,48
<i>Theobroma cacao</i> L.	56,63	13,31	69,94
Total	16513,95	2703,52	19217,47

Tabla 21. Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bajo Loboyoc

Especies	Bajo Loboyoc P2 (0.1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	4790,48	769,10	5559,59
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	3010,16	499,37	3509,53
<i>Ficus yoponensis</i> Desv.	2707,89	382,30	3090,19
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	907,12	192,13	1099,25
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	883,63	150,10	1033,73
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	668,03	139,15	807,18
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	532,66	98,72	631,38
<i>Sapium marmieri</i> Huber. Huber	452,12	76,98	529,10
<i>Ilex inundata</i> Reissek	388,05	74,50	462,55
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	229,11	42,22	271,33
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	163,22	35,00	198,22
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	116,44	23,22	139,66
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	63,47	14,37	77,85
<i>Sloanea floribunda</i> Spruce ex Benth.	40,53	9,14	49,67
<i>Hedyosmum racemosum</i> G.Don	37,96	8,62	46,58
<i>Oxandra mediocris</i> Diels	26,69	6,32	33,01
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	16,77	4,19	20,96
Total general	15034,35	2525,43	17559,78

Tabla 22. Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bajo Loboyoc

Especies	Bajo Loboyoc P3 (0.1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	3486,66	565,52	4052,18
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	3246,98	551,43	3798,41
<i>Cariniana domestica</i> Miers	1548,01	228,40	1776,41
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	1225,29	248,34	1473,63
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	588,19	121,25	709,44
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	531,89	88,87	620,75
<i>Hura crepitans</i> L.	471,08	86,10	557,18
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	458,55	84,49	543,03
<i>Ilex inundata</i> Reissek	271,33	54,93	326,26
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	205,25	41,00	246,25
<i>Sapium marmieri</i> Huber. Huber	151,77	29,34	181,11
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	150,88	31,35	182,23
<i>Dictyoloma vandellianum</i> A.Juss.	137,63	26,91	164,55
<i>Terminalia amazonica</i> Exell in Pulle	123,47	24,45	147,92
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	91,21	18,71	109,93
<i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Miq.	50,29	11,06	61,35
<i>Oxandra mediocris</i> Diels	47,81	10,57	58,39
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	41,00	9,23	50,23
Total	12827,30	2231,96	15059,27

Tabla 23. Biomasa y radicular de la parcela 1 de Bello Horizonte.

Especies	Bello Horizonte P1 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret	37158,85	3787,21	40946,06
<i>Cariniana domestica</i> Miers	8901,00	1213,21	10114,21
<i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC.	6156,40	773,50	6929,90
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	5046,54	777,32	5823,87
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	2083,70	351,80	2435,50
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	523,30	108,02	631,32
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	444,38	99,66	544,04
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	379,66	81,91	461,57
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	232,34	50,94	283,28
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	225,55	46,95	272,50
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	95,25	19,44	114,70
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	59,43	12,82	72,25
<i>Hura crepitans</i> L.	57,87	12,52	70,39
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	43,55	9,74	53,28
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	27,62	6,51	34,13
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	16,27	4,08	20,35
Total	61451,72	7355,62	68807,34

Tabla 24. Biomasa y radicular de la parcela 2 de Bello Horizonte.

Especies	Bello Horizonte P2 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC.	26422,85	3031,44	29454,29
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	9684,88	1691,07	11375,95
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	3830,29	612,36	4442,65
<i>Cariniana domestica</i> Miers	1362,07	214,77	1576,84
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	963,69	197,63	1161,32
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	510,48	96,62	607,10
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	477,02	93,38	570,40
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	441,01	85,21	526,22
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	270,85	60,58	331,43
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	208,71	43,83	252,54
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	194,32	36,50	230,82
<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret	138,94	27,14	166,08
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) MÃ¼ll.Arg.	129,75	27,59	157,34
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	118,49	25,30	143,79
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	95,50	21,87	117,38
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	61,36	13,18	74,54
<i>Protium unifoliolatum</i> Engl.	34,99	8,02	43,01
<i>Theobroma cacao</i> L.	27,11	6,41	33,52
Total	44972,32	6292,91	51265,23

Tabla 25. Biomasa y radicular de la parcela 3 de Bello Horizonte.

Especies	Bello Horizonte P3 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	19473,39	3405,41	22878,80
<i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC.	464,12	82,54	546,66
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	411,55	85,45	497,00
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	262,22	47,57	309,79
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	135,61	28,35	163,95
<i>Cariniana domestica</i> Miers	100,03	20,30	120,33
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	97,72	19,89	117,60
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	63,07	13,51	76,57
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	55,97	12,15	68,13
<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C.DC. C.DC.	55,34	12,03	67,38
Total	21119,00	3727,20	24846,20

Tabla 26. Biomasa y radicular de la parcela 1 de Lago Yacumama.

Especies	Lago Yacumama P1 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i>	9303,96	1515,10	10819,06

<i>Zygia latifolia</i>	3995,95	615,70	4611,66
<i>Symphonia globulifera</i>	2325,88	370,77	2696,65
<i>Cariniana domestica</i>	1355,75	223,29	1579,04
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	1028,42	172,40	1200,82
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	472,42	100,22	572,64
<i>Pterocarpus rohrii</i>	332,84	60,09	392,92
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	253,89	46,23	300,12
<i>Euterpe precatoria</i>	224,73	51,45	276,18
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	163,64	39,78	203,42
<i>Socratea exorrhita</i>	85,41	20,97	106,37
<i>Siparuna decipiens</i>	49,49	12,37	61,86
<i>Ilex inundata</i>	44,38	10,73	55,11
<i>Oxandra mediocris</i>	35,70	8,85	44,55
<i>Sloanea guianensis</i> Benth.	28,05	6,60	34,65
<i>Terminalia amazonica</i> Exell in Pulle	25,79	6,13	31,92
<i>Terminalia amazonica</i>	16,54	4,14	20,68
<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret	15,82	3,98	19,79
<i>Aniba taubertiana</i> Mez	13,87	3,54	17,42
<i>Perebea guianensis</i>	13,85	3,54	17,39
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) MÃ¼ll.Arg.	13,74	3,51	17,26
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	9,91	2,63	12,54
Total	19810,02	3282,04	23092,06

Tabla 27. Biomasa y radicular de la parcela 2 de Lago Yacumama..

Especies	Lago Yacumama P2(0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i>	24050,58	3745,54	27796,12
<i>Symphonia globulifera</i>	4431,98	604,82	5036,80
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	864,28	159,74	1024,02
<i>Ficus yoponensis</i>	749,10	133,29	882,39
<i>Tabebuia insignis</i> (Miq.) Sandwith	551,97	108,04	660,01
<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl. Poepp. & Endl.	233,59	48,11	281,69
<i>Cariniana domestica</i>	211,25	42,04	253,29
<i>Euterpe precatoria</i>	177,28	38,07	215,35
<i>Ilex inundata</i> Reissek	77,92	16,28	94,20
<i>Zygia latifolia</i>	41,79	9,39	51,18
<i>Ilex inundata</i>	28,92	6,78	35,70
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	21,46	5,21	26,67
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	14,54	3,69	18,23
Total	31454,65	4921,00	36375,65

Tabla 28. Biomasa y radicular de la parcela 3 de Lago Yacumama..

Especies	Lago Yacumama P3 (0,1 Ha)
----------	---------------------------

	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i>	6926,25	1215,71	8141,96
<i>Trichilia septentrionalis</i>	2861,13	456,82	3317,94
<i>Cariniana domestica</i>	2184,74	336,01	2520,75
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	914,17	174,68	1088,85
<i>Sapium marmieri</i> Huber.	586,07	96,82	682,89
<i>Terminalia amazonica</i>	297,33	57,50	354,83
<i>Socratea exorrhita</i>	209,17	48,21	257,38
<i>Euterpe precatoria</i>	149,97	31,03	181,00
<i>Lueheopsis hoehnei</i> Burret	92,36	20,22	112,59
<i>Pourouma minor benoist</i> Benoist	85,08	17,60	102,68
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	18,50	4,57	23,07
Total	14324,77	2459,16	16783,93

Tabla 29. Biomasa y radicular de la parcela 1 de Madama.

Especies	Madama P1 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	22865,66	3657,62	26523,28
<i>Cariniana domestica</i> Miers	997,29	171,11	1168,40
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	662,82	121,58	784,40
<i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	611,40	108,04	719,43
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	326,32	57,71	384,03
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	294,14	52,65	346,79
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	263,33	51,51	314,84
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	248,46	48,94	297,40
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) MÃ¼ll.Arg.	228,32	42,09	270,41
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	174,94	33,27	208,21
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	88,29	18,18	106,48
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	87,82	18,10	105,92
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	35,11	8,05	43,16
Total	26883,91	4388,85	31272,76

Tabla 30. Biomasa y radicular de la parcela 2 de Madama.

Especies	Madama P1 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	16979,38	2839,40	19818,78

<i>Cariniana domestica</i> Miers	1564,08	260,95	1825,04
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	1059,33	163,35	1222,69
<i>Terminalia amazonica</i> Exell in Pulle	485,69	82,01	567,71
<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	459,84	84,71	544,55
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	450,89	83,13	534,02
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	282,89	55,14	338,03
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	258,92	47,04	305,96
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	197,83	39,61	237,44
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	152,10	29,40	181,50
<i>Luehepsis hoehnei</i>	149,79	29,01	178,80
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	132,78	26,07	158,86
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	73,81	15,52	89,33
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	64,31	13,74	78,05
Total	22311,66	3769,10	26080,75

Tabla 31. Biomasa y radicular de la parcela 3 de Madama

Especies	Madama P3 (0,1 Ha)		
	Biomasa (kg)	Biomasa Radicular (kg)	Biomasa Total (kg)
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	15923,02	2634,74	18557,76
<i>Richeria grandis</i>	2550,79	382,33	2933,12
<i>Cariniana domestica</i> Miers	1639,26	288,25	1927,51
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	1039,63	181,84	1221,47
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	980,67	172,93	1153,60
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	401,53	69,32	470,85
<i>Terminalia amazonica</i> Exell in Pulle	326,16	57,69	383,84
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart.) Dugand	320,97	61,52	382,49
<i>Hura crepitans</i> L.	277,20	49,96	327,16
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	186,53	38,09	224,62
<i>Socratea exorrhita</i> (Mart.) H.Wendl.	120,07	25,86	145,93
Total	23765,82	3962,53	27728,35

Tabla 32. *Porcentaje de materia orgánica y porcentaje de carbono.*

	LUGAR	Peso de crisol	Peso 105 C°	Peso final (con crisol)	Peso 360 C° (sin crisol)	%MO	%C
1	Bajo Loboyoc	33,75	8,06	38,40	4,65	42,30	24,53
2	Bajo Loboyoc	35,12	8,28	41,16	6,04	27,00	15,66
3	Bajo Loboyoc	32,16	8,37	39,04	6,88	17,81	10,33
4	Bajo Loboyoc	33,99	8,29	41,48	7,49	9,62	5,58
5	Bajo Loboyoc	36,26	8,24	43,89	7,63	7,37	4,28
6	Madama	33,03	8,11	40,35	7,32	9,75	5,65
7	Madama	34,28	8,02	41,71	7,43	7,38	4,28
8	Madama	39,85	8,07	47,64	7,79	3,45	2,00
9	Madama	36,54	8,06	43,99	7,45	7,56	4,38
10	Madama	36,82	8,05	44,40	7,58	5,89	3,42
11	Bello Horizonte	37,85	8,09	41,06	3,21	60,29	34,97
12	Bello Horizonte	44,33	8,11	49,85	5,52	31,93	18,52
13	Bello Horizonte	33,31	8,12	38,46	5,15	36,57	21,21
14	Bello Horizonte	43,15	8,06	50,28	7,13	11,57	6,71
15	Bello Horizonte	34,7	8,12	41,95	7,25	10,74	6,23
16	Lago Yacumama	37,22	8,16	40,99	3,77	53,82	31,22
17	Lago Yacumama	31,82	8,07	36,17	4,35	46,09	26,73
18	Lago Yacumama	34,86	8,02	39,68	4,82	39,93	23,16
19	Lago Yacumama	37,22	8	43,23	6,01	24,85	14,41
20	Lago Yacumama	31,65	8,01	38,06	6,41	20,03	11,62

Tabla 33. *Stock de carbono total en t C/ha de cuatro turberas Amazonicas.*

Biomasa total	C aéreo	%	C radicular	%	C de turba	%	C Total
Bajo Loboyoc	66,56	4,61	11,19	0,77	1367,26	94,62	1445,01
Bello Horizonte	191,31	26,59	26,06	3,62	502,16	69,79	719,54
Lago Yacumama	98,38	15,39	15,99	2,50	525,01	82,11	639,39
Madama	109,44	18,85	18,18	3,13	452,88	78,02	580,50

Tabla 34. *Densidad total de macrofauna del suelo, en las turberas de Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama del Distrito "Las Piedras".*

N°	Orden	Densidad de macroinvertebrados por localidad									
		Bajo Loboyoc		Bello Horizonte		Lago Yacumama		Madama		Total	
		Ind/m²	%	Ind/m²	%	Ind/m²	%	Ind/m²	%	Ind/m²	%
1	Crassiclitellata	82	28,2	109	20,3	114	16,2	423	56,0	728	31,8
2	Isoptera	69	23,7	97	18,1	267	37,9	36	4,8	469	20,5
3	Hymenoptera	46	15,8	98	18,3	116	16,5	134	17,7	394	17,2
4	Blattodea	16	5,5	22	4,1	3	0,4	29	3,8	70	3,1
5	Coleoptera	12	4,1	29	5,4	46	6,5	9	1,2	96	4,2

6	Araneae	11	3,8	44	8,2	38	5,4	44	5,8	137	6,0
7	Chilopoda	9	3,1	48	9,0	8	1,1	19	2,5	84	3,7
8	Dermaptera	9	3,1	39	7,3	0	0,0	29	3,8	77	3,4
9	Diplopoda	8	2,7	16	3,0	0	0,0	19	2,5	43	1,9
10	Hemiptera	6	2,1	3	0,6	39	5,5	3	0,4	51	2,2
11	Nn	6	2,1	3	0,6	6	0,9	0	0,0	15	0,7
12	Orthoptera	6	2,1	0	0,0	12	1,7	8	1,1	26	1,1
13	Neuroptera	5	1,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	0,2
14	Lepidoptera	3	1,0	11	2,1	40	5,7	3	0,4	57	2,5
15	Squamata	3	1,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	0,1
16	Escolopendromorfa	0	0,0	5	0,9	0	0,0	0	0,0	5	0,2
17	Aphida	0	0,0	3	0,6	0	0,0	0	0,0	3	0,1
18	Arhynchobdellida	0	0,0	3	0,6	0	0,0	0	0,0	3	0,1
19	Arhynchobdellidea	0	0,0	3	0,6	0	0,0	0	0,0	3	0,1
20	Ixódida	0	0,0	3	0,6	0	0,0	0	0,0	3	0,1
21	Scolopendromorpha	0	0,0	0	0,0	8	1,1	0	0,0	8	0,3
22	Diptera	0	0,0	0	0,0	5	0,7	0	0,0	5	0,2
23	Stylommatophora	0	0,0	0	0,0	3	0,4	0	0,0	3	0,1
		291	100	536	100	705	100	756	100	2288	100

Tabla 35. Densidad total de macroinvertebrados del suelo por meses en la turbera de Bajo Loboyoc.

N°	Orden	Bajo Loboyoc									
		Densidad de macroinvertebrados (ind/ m ²)									
		Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En	Febr.	Total	%	Prom.	DS
1	Hymenoptera	19	16	0	0	11	0	46	15,8	7,7	8,8
2	Blattodea	8	8	0	0	0	0	16	5,5	2,7	4,1
3	Araneae	5	0	0	3	3	0	11	3,8	1,8	2,1
4	Crassiclitellata	3	37	13	21	8	0	82	28,2	13,7	13,6
5	Coleoptera	3	3	0	3	3	0	12	4,1	2,0	1,5
6	Chilopoda	3	3	0	3	0	0	9	3,1	1,5	1,6
7	Hemiptera	3	3	0	0	0	0	6	2,1	1,0	1,5
8	Orthoptera	3	0	0	0	3	0	6	2,1	1,0	1,5
9	Isoptera	0	21	13	3	32	0	69	23,7	11,5	13,0
10	Nn	0	6	0	0	0	0	6	2,1	1,0	2,4
11	Neuroptera	0	5	0	0	0	0	5	1,7	0,8	2,0
12	Dermaptera	0	3	3	3	0	0	9	3,1	1,5	1,6
13	Lepidoptera	0	3	0	0	0	0	3	1,0	0,5	1,2
14	Squamata	0	3	0	0	0	0	3	1,0	0,5	1,2
15	Diplopoda	0	0	0	0	8	0	8	2,7	1,3	3,3
16	Total	47	111	29	36	68	0	291	100,0	-	-

Tabla 36. *Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera de Bello Horizonte.*

N°	Orden	Bello Horizonte									
		Densidad de macroinvertebrados (ind/ m ²)									
		Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	total	%	Pro m.	DS
1	Crassiclitellata	67	18	16	0	8	0	109	20,3	18,2	25,1
2	Hymenoptera	5	32	45	3	8	5	98	18,3	16,3	17,7
3	Chilopoda	5	13	13	8	6	3	48	9,0	8,0	4,2
4	Dermaptera	5	13	13	8	0	0	39	7,3	6,5	5,9
5	Escolopendro morfa	5	0	0	0	0	0	5	0,9	0,8	-
6	Isoptera	3	48	46	0	0	0	97	18,1	16,2	23,9
7	Araneae	3	24	8	3	3	3	44	8,2	7,3	8,4
8	Coleoptera	0	14	3	3	0	9	29	5,4	4,8	5,6
9	Blattodea	0	11	8	0	3	0	22	4,1	3,7	4,8
10	Aphida	0	3	0	0	0	0	3	0,6	0,5	-
11	Arhynchobdellidea	0	3	0	0	0	0	3	0,6	0,5	-
12	Hemiptera	0	3	0	0	0	0	3	0,6	0,5	-
13	Arhynchobdellida	0	0	3	0	0	0	3	0,6	0,5	-
14	Nn	0	0	3	0	0	0	3	0,6	0,5	-
15	Lepidoptera	0	0	0	3	8	0	11	2,1	1,8	3,3
16	Diplopoda	0	0	0	0	16	0	16	3,0	2,7	-
17	Ixódida	0	0	0	0	3	0	3	0,6	0,5	-
	Total	93	182	158	28	55	20	536	100,0	-	-

M

Tabla 37. *Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera del Lago Yacumama.*

N°	Orden	Lago Yacumama									
		Densidad (ind/ m ²)									
		Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	Total	%	Prom.	DS
1	Isoptera	45	102	0	91	21	8	267	37,9	44,5	43,2
2	Crassiclitellata	40	24	17	33	0	0	114	16,2	19,0	16,7
3	Lepidoptera	35	5	0	0	0	0	40	5,7	6,7	14,0
4	Araneae	16	11	3	8	0	0	38	5,4	6,3	6,5
5	Hymenoptera	11	40	11	11	40	3	116	16,5	19,3	16,3
6	Hemiptera	8	6	17	5	0	3	39	5,5	6,5	5,8
7	Scolopendromorpha	8	0	0	0	0	0	8	1,1	1,3	-
8	Coleoptera	5	5	27	0	9	0	46	6,5	7,7	10,1
9	Blattodea	3	0	0	0	0	0	3	0,4	0,5	-
10	Stylommatophora	3	0	0	0	0	0	3	0,4	0,5	-
11	Orthoptera	0	6	3	3	0	0	12	1,7	2,0	2,4
12	Chilopoda	0	5	0	0	3	0	8	1,1	1,3	2,2
13	Diptera	0	5	0	0	0	0	5	0,7	0,8	-

14	Nn	0	0	0	3	3	0	6	0,9	1,0	1,5
15	Total	174	209	78	154	76	14	705	100,0	-	-

Mm

Tabla 38. *Densidad total de macroinvertebrados del suelo en la turbera de Madama.*

N°	Orden	Madama Densidad (ind/m ²)									
		Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	Total	%	Prom.	DS
1	Crassicitellata	8	70	118	125	99	3	423	56,0	70,5	53,9
2	Araneae	6	13	3	8	11	3	44	5,8	7,3	4,1
3	Hymenoptera	5	67	32	19	11	0	134	17,7	22,3	24,6
4	Isoptera	3	19	3	0	0	11	36	4,8	6,0	7,5
5	Diplopoda	0	16	3	0	0	0	19	2,5	3,2	6,4
6	Blattodea	0	13	16	0	0	0	29	3,8	4,8	7,5
7	Dermaptera	0	6	10	10	3	0	29	3,8	4,8	4,6
8	Orthoptera	0	5	3	0	0	0	8	1,1	1,3	2,2
9	Chilopoda	0	5	0	0	11	3	19	2,5	3,2	4,4
10	Coleoptera	0	3	3	3	0	0	9	1,2	1,5	1,6
11	Lepidoptera	0	0	3	0	0	0	3	0,4	0,5	-
12	Hemiptera	0	0	0	3	0	0	3	0,4	0,5	-
	Total	22	217	194	168	135	20	756	100,0	-	-

Tabla 39. *Densidad de macroinvertebrados en los seis meses de estudio.*

Orden	Densidad de macroinvertebrados por meses (ind/m ²)						
	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	
Crassicitellata	118	149	164	179	115	3	728
Isoptera	51	190	62	94	53	19	469
Hymenoptera	40	155	88	33	70	8	394
Lepidoptera	35	8	3	3	8	0	57
Araneae	30	48	14	22	17	6	137
Blattodea	11	32	24	0	3	0	70
Hemiptera	11	12	17	8	0	3	51
Chilopoda	8	26	13	11	20	6	84
Coleoptera	8	25	33	9	12	9	96
Scolopendromorpha	8	0	0	0	0	0	8
Dermaptera	5	22	26	21	3	0	77
Escolopendromorfa	5	0	0	0	0	0	5
Orthoptera	3	11	6	3	3	0	26
Stylommatophora	3	0	0	0	0	0	3
Diplopoda	0	16	3	0	24	0	43
Nn	0	6	3	3	3	0	15
Diptera	0	5	0	0	0	0	5

Neuroptera	0	5	0	0	0	0	5
Aphida	0	3	0	0	0	0	3
Arhynchobdellidea	0	3	0	0	0	0	3
Squamata	0	3	0	0	0	0	3
Arhynchobdellida	0	0	3	0	0	0	3
Ixódida	0	0	0	0	3	0	3
Total	336	719	459	386	334	54	2288

Tabla 40. *Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Bajo Loboyoc.*

N°	Orden	Bajo Loboyoc			
		Densidad (ind/m ²)			Total
		Hojarasca	0 a 10	10 a 20	
1	Isoptera	48	21	0	69
2	Hymenoptera	43	0	3	46
3	Crassiclitellata	13	37	32	82
4	Blattodea	10	6	0	16
5	Chilopoda	9	0	0	9
6	Dermaptera	9	0	0	9
7	Diplopoda	8	0	0	8
8	Araneae	6	5	0	11
9	Hemiptera	6	0	0	6
10	Coleoptera	3	6	3	12
11	Orthoptera	3	3	0	6
12	Squamata	3	0	0	3
13	nn	0	6	0	6
14	Neuroptera	0	5	0	5
15	Lepidoptera	0	3	0	3
	Total	161	92	38	291

Tabla 41. *Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Bello Horizonte.*

N°	Orden	Bello Horizonte			
		Densidad (ind/m ²)			Total
		Hojarasca	0 a 10	10 a 20	
1	Hymenoptera	87	11	0	98
2	Isoptera	67	30	0	97
3	Araneae	35	9	0	44
4	Chilopoda	32	16	0	48
5	Dermaptera	23	16	0	39
6	Blattodea	22	0	0	22
7	Coleoptera	12	14	3	29
8	Diplopoda	3	13	0	16
9	Lepidoptera	3	8	0	11
10	Aphida	3	0	0	3
11	Arhynchobdellidea	3	0	0	3
12	Hemiptera	3	0	0	3
13	Ixódida	3	0	0	3
14	nn	3	0	0	3

15	Crassiclitellata	0	101	8	109
16	Escolopendromorfa	0	5	0	5
17	Arhynchobdellida	0	3	0	3
		299	226	11	536

Tabla 42. *Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Lago Yacumama.*

N°	Orden	Lago Yacumama			
		Densidad (ind/m ²)			Total
		Hojarasca	0 a 10	10 a 20	
1	Isoptera	192	75	0	267
2	Hymenoptera	92	11	13	116
3	Crassiclitellata	54	49	11	114
4	Araneae	33	5	0	38
5	Coleoptera	30	8	8	46
6	Hemiptera	22	11	6	39
7	Chilopoda	8	0	0	8
8	Orthoptera	6	6	0	12
9	Lepidoptera	5	35	0	40
10	Diptera	5	0	0	5
11	Stylommatophora	3	0	0	3
12	nn	0	6	0	6
13	Scolopendromorpha	0	5	3	8
14	Blattodea	0	3	0	3
	Total	450	214	41	705

Tabla 43. *Densidad de macroinvertebrados por profundidad en Madma.*

N°	Orden	Madama			
		Densidad (ind/m ²)			Total
		Hojarasca	0 a 10	10 a 20	
1	Hymenoptera	129	5	0	134
2	Araneae	38	6	0	44
3	Isoptera	36	0	0	36
4	Crassiclitellata	30	305	88	423
5	Dermaptera	16	13	0	29
6	Blattodea	13	16	0	29
7	Diplopoda	11	5	3	19
8	Chilopoda	10	6	3	19
9	Coleoptera	6	3	0	9
10	Orthoptera	5	3	0	8
11	Hemiptera	3	0	0	3
12	Lepidoptera	0	3	0	3
	Total	297	365	94	756

Tabla 44. *Biomasa de macroinvertebrados por localidad.*

Orden	Biomasa
-------	---------

	Bajo Loboyoc		Bello Horizonte		Lago Yacumama		Madama		Total	%. %
	gr/m ²	%	gr/m ²	%	gr/m ²	%	gr/m ²	%		
Crassiclitellata	59,3	72,84	20,09	51,47	10,62	26,10	62,9	83,66	152,9	64,7
Chilopoda	9,24	11,34	2,59	6,63	5,19	12,75	1,35	1,80	18,36	7,8
Diplopoda	8,63	10,60	2,08	5,33	0,00	0,00	5,07	6,74	15,78	6,7
Coleoptera	1,89	2,33	1,04	2,67	5,36	13,17	0,22	0,30	8,52	3,6
Hymenoptera	0,72	0,89	5,18	13,27	2,37	5,82	1,55	2,06	9,82	4,2
Blattodea	0,49	0,60	0,48	1,24	0,32	0,78	0,82	1,09	2,11	0,9
Araneae	0,48	0,59	1,07	2,73	7,77	19,11	0,38	0,50	9,70	4,1
Hemiptera	0,21	0,26	0,00	0,01	1,86	4,58	0,01	0,02	2,09	0,9
Orthoptera	0,19	0,23	0,00	0,00	2,05	5,04	0,03	0,04	2,27	1,0
Isoptera	0,12	0,15	0,25	0,63	2,07	5,09	0,27	0,36	2,71	1,1
Dermaptera	0,08	0,09	1,15	2,94	0,00	0,00	2,51	3,34	3,74	1,6
Neuroptera	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,0
Squamata	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,0
nn	0,01	0,01	0,02	0,05	0,04	0,09	0,00	0,00	0,06	0,0
Lepidoptera	0,00	0,00	2,75	7,03	1,93	4,75	0,06	0,08	4,74	2,0
Arhynchobdellida	0,00	0,00	2,09	5,36	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09	0,9
Arhynchobdellida	0,00	0,00	0,23	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,1
Ixórida	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,0
Aphida	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Escolopendromorfa	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Scolopendromorpha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	1,79	0,00	0,00	0,73	0,3
Stylommatophora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,90	0,00	0,00	0,36	0,2
Diptera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,0
Total	81,44	100	39,04	100	40,68	100	75,18	100	236	100,0

Mm

Tabla 45. Biomasa de macroinvertebrados por meses.

Orden	Biomasa (gr/m2)							Prom
	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Febr.	Total	
Crassiclitellata	14,72	47,89	21,99	43,17	25,12	0,03	152,93	25,49
Araneae	5,03	0,51	0,13	3,84	0,18	0,00	9,70	1,62
Hymenoptera	2,75	1,28	1,33	2,59	1,72	0,14	9,82	1,64
Hemiptera	0,86	0,17	0,68	0,24	0,00	0,14	2,09	0,35
Blattodea	0,78	0,74	0,57	0,00	0,02	0,00	2,11	0,35
Scolopendromorpha	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,12
Lepidoptera	0,73	1,21	0,06	2,69	0,05	0,00	4,74	0,79
Isoptera	0,70	0,48	0,22	0,62	0,47	0,23	2,71	0,45

Coleoptera	0,49	0,51	4,75	1,47	1,04	0,26	8,52	1,42
Stylommatophora	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,06
Chilopoda	0,23	5,55	0,53	10,64	1,22	0,18	18,36	3,06
Orthoptera	0,19	1,08	0,30	0,71	0,01	0,00	2,27	0,38
Dermaptera	0,10	0,10	2,44	1,07	0,03	0,00	3,74	0,62
Escolopendromorfa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diplopoda	0,00	4,61	0,46	0,00	10,71	0,00	15,78	2,63
Arhynchobdellidea	0,00	2,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09	0,35
Neuroptera	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
Squamata	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Diptera	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
nn	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,06	0,01
Aphida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arhynchobdellida	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,23	0,04
Ixódida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Total	27,67	66,31	33,70	67,06	40,60	1,00	236,34	39,39

Tabla 46. *Similaridad de Bray-Curtis de macroinvertebrados en Bajo Loboyoc, Bello Horizonte, Lago Yacumama y Madama*

	Bajo Loboyoc	Bello Horizonte	Yacumama	Madama
Bajo Loboyoc	1	0,68090452	0,52774869	0,4607938
Bello Horizonte	0,68090452	1	0,6993865	0,61392405
Yacumama	0,52774869	0,6993865	1	0,48598131
Madama	0,4607938	0,61392405	0,48598131	1



Figura 23: Fase de campo. A. Instalación y delimitación de parcelas de 50x20 m; B. Extracción de muestra del suelo; C. Marcado o plaqueado de árboles; D. Escalada o subida a los árboles; E. Colecta de macro invertebrados; F. Recopilación del DAP de los árboles; G. Colecta de las especies; H. Identificación y rotulado de las especies botánicas.



Figura 24: La especie *Mauritia flexuosa* L.f con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación y frutos.



Figura 25: La especie evaluada *Socratea exorrhiza* (Mart.) Wendl. A. con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación.

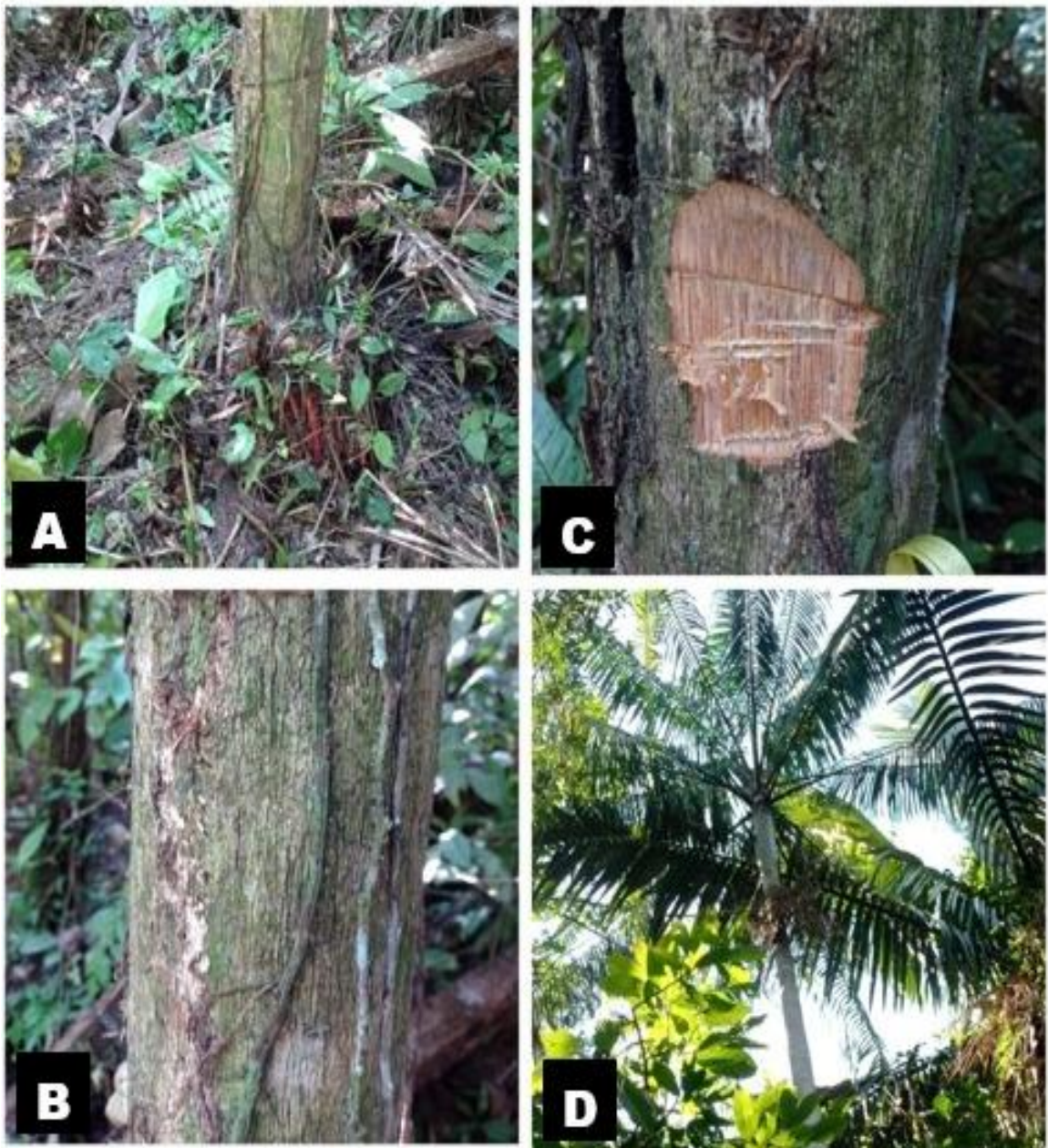


Figura 26: La especie *Euterpe precatoria* Mart con mayor abundancia en las cuatro áreas de estudio. A. Base o raíces; B. Corteza externa; C. Corteza interna; D. Ramificación.

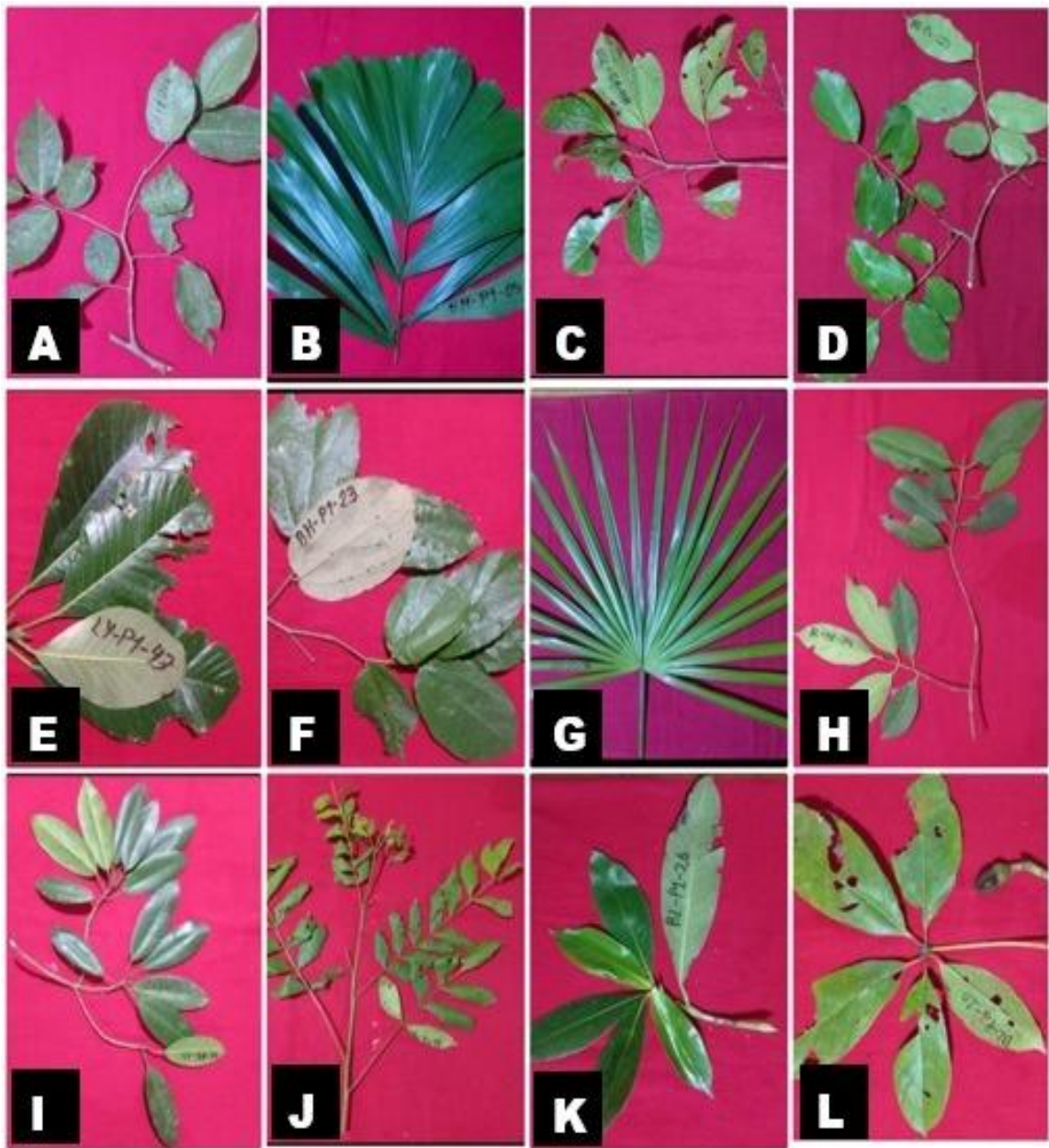


Figura 27: Diversidad de especies evaluadas: A. *Cariana domestica* Miers; B. *Socratea exorrhiza* (Mart) H.Wendl; C. *Trichilia pleeana* (A. Juss.); D. *Pterocarpus rohrii* Vahl; E. *Richeria grandis* Vahl Vahl; F. *Lueheopsis hoehnei* Burret; G. *Mauritia flexuosa* L.f; H. *Symponia globulifera* L.f; I. *Ficus yoponensis* Desv; J. Ahihua K. *Hedyosmun racemosum* G.Don; L. *Pseudobombax munguba* (Mart.) Dugand

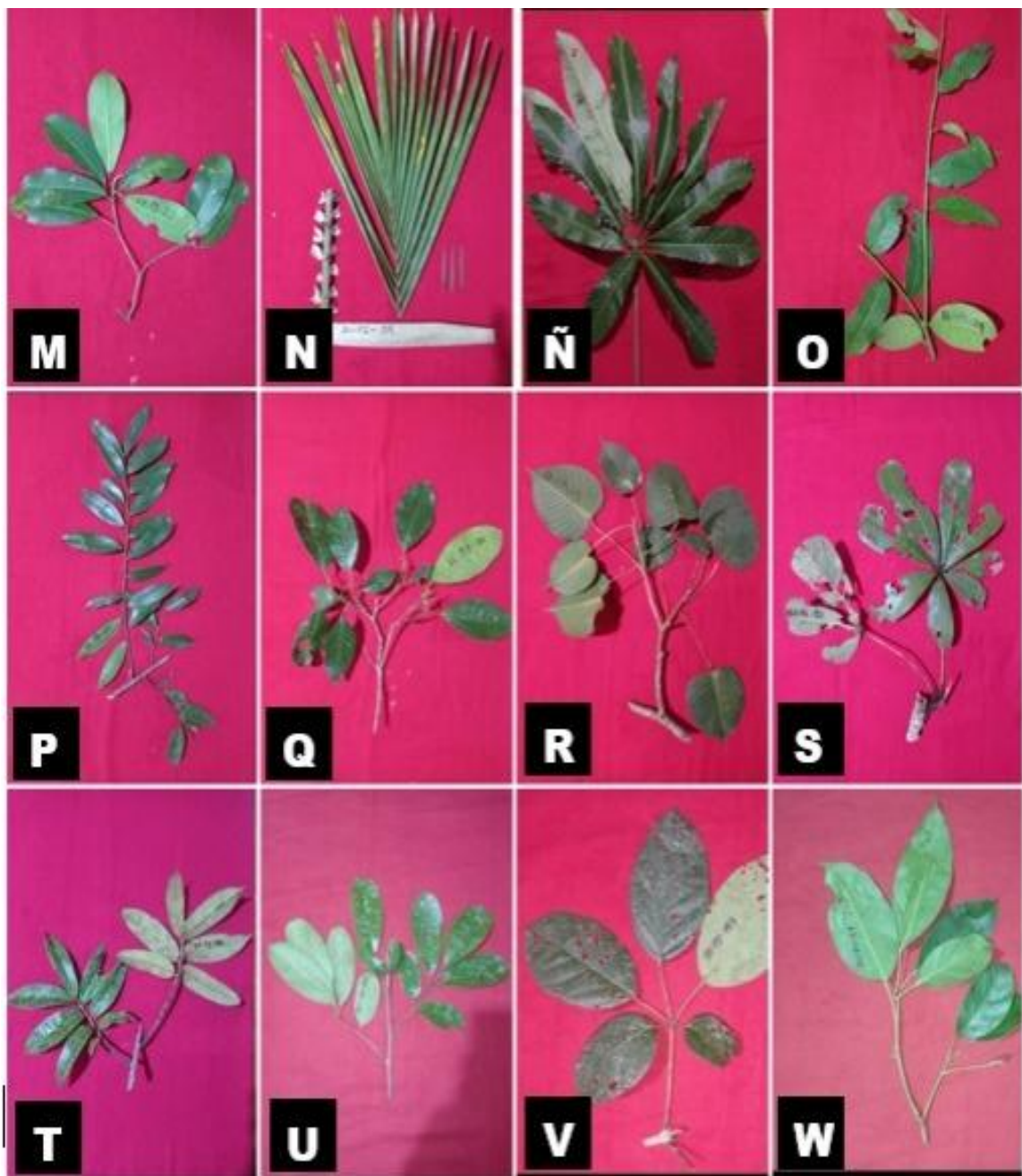


Figura 28: Diversidad de especies evaluadas. M. *Ficus americana* Aubl. Aubl; N. *Astrocaryum murumuru* Mart; Ñ. *Cecropia sciadophylla* Mart; O. *Diospyros artanthifolia* Mart. ex Benth; P. *Oxandra mediocris* Diels; Q. *Protium unifoliolatum* Engl; R. *Hura creoitans* L; S. *Pachira aquatica* Aubl; T. *Virola duckei* A.C.Sm; U. *Trichilia septentrionalis* C.DC; V. *Tabebuia insignis* (Miq.) Sandwith; W. *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.



Figura 29: Prensado, secado y conservación de especies botánicas evaluadas. A. Especie botánica adecuada; B. Área del proceso de prensado; C. Prensado y secado en el horno convencional; D. Especie botánica secada; E. Depósito de las muestras botánicas en el Herbario Alwyn Gentry.



Figura 30: Fase de Laboratorio. A. Colocación de muestras de suelo a los platos de aluminio ignífugos; B. Aplastado de las muestras de suelos; C. Observación del perfil del suelo seco; D. Muestras de suelos polvorizadas en crisoles; E. Pesado de la muestra de suelos seca en la balanza analítica; F. Evaluación e identificación de macro invertebrados.

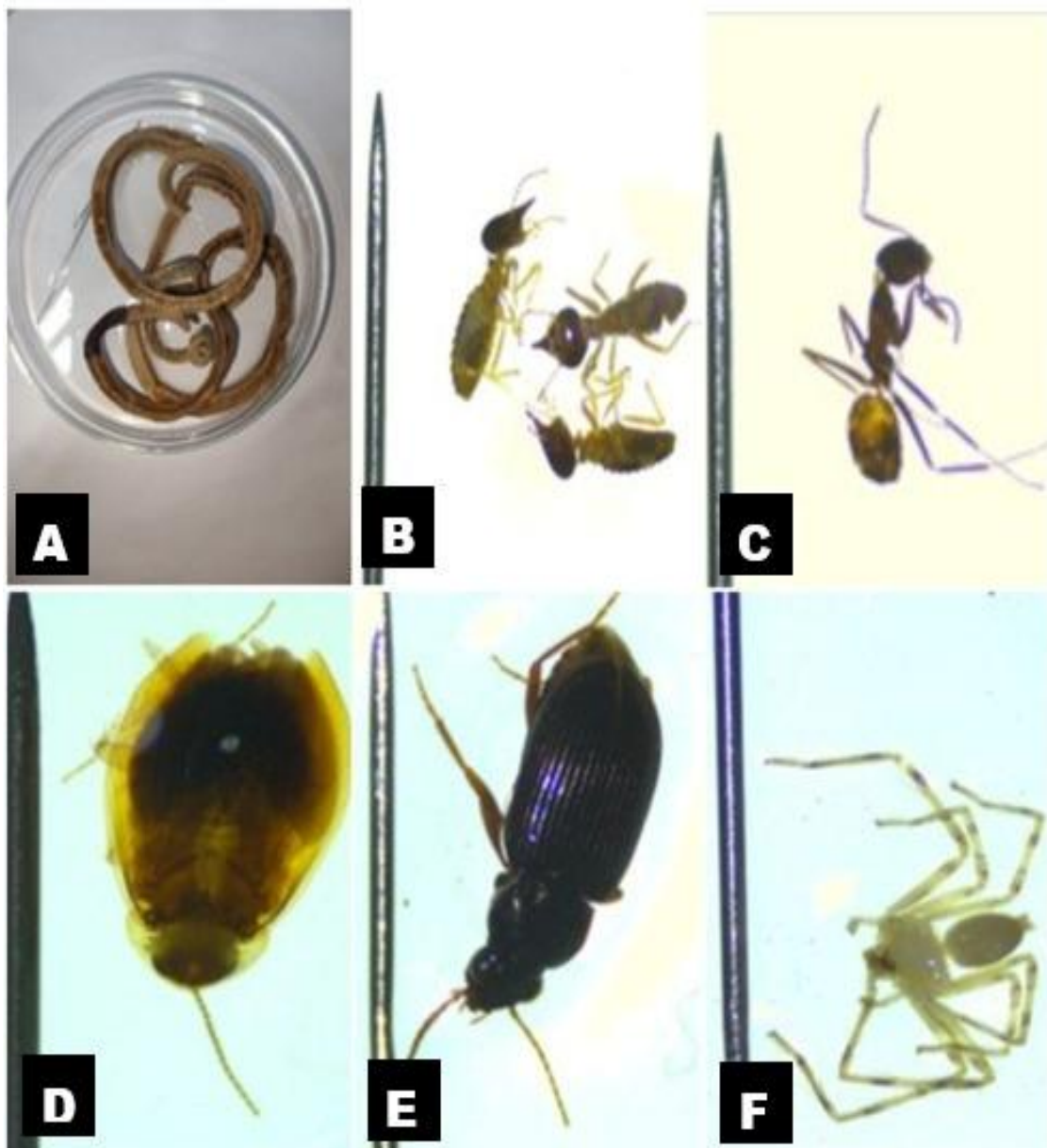


Figura 31: Ordenes de macro invertebrados evaluados. A. Crassipalpata; B. Isoptera; C. Hymenoptera; D. Blattodea; E. Coleoptera; F. Araneae.

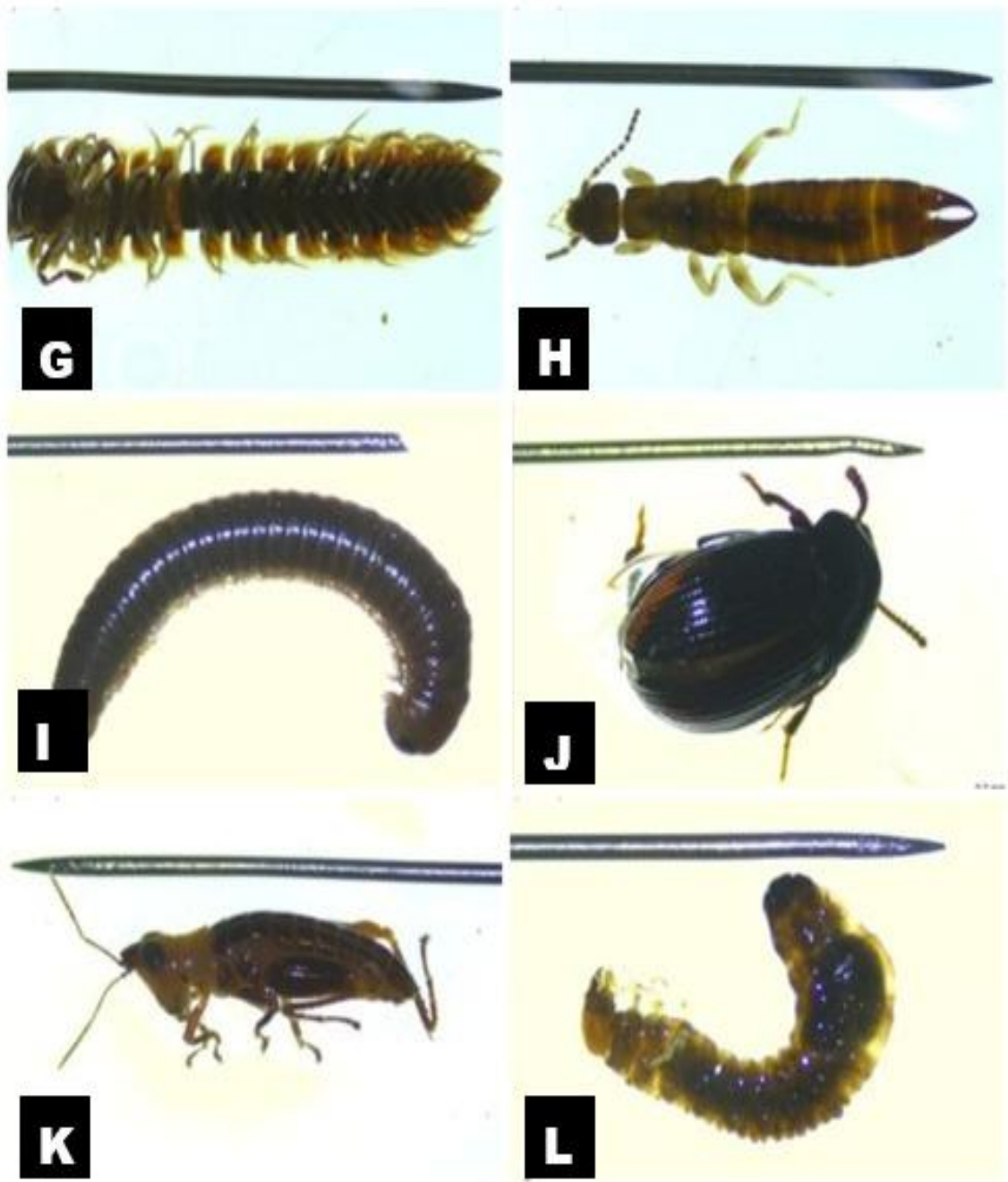


Figura 32: Órdenes de macroinvertebrados evaluados. G. Chilopoda; H. Dermaptera; I. Diplopoda; J. Hemiptera; K. Orthoptera; L. Lepidoptera.